



**Universidad
Zaragoza**

Proyecto Fin de Carrera

Diagnóstico energético de la sede del
Instituto Universitario de Investigación mixto
CIRCE y evaluación técnico-económica de
medidas de mejora

Autor

Francisco Royo Aguado

Director

Ignacio Zabalza Bribián

Titulación: Ingeniería Industrial

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Mecánica

Área de Máquinas y Motores Térmicos

Zaragoza, Noviembre de 2013

Diagnóstico energético de la sede del Instituto Universitario de Investigación mixto CIRCE y evaluación técnico-económica de medidas de mejora.

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es la realización de una revisión energética del edificio de I+D+I de eficiencia energética CIRCE, perteneciente a la Universidad de Zaragoza, donde se ubica la sede del Instituto Universitario de Investigación mixto CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos).

Dicha revisión energética constituye un punto indispensable para la implantación de la norma UNE-EN ISO 50001, Sistemas de gestión de la energía, proceso en el cual se encuentra el edificio CIRCE. Para su elaboración, se ha tenido en cuenta lo establecido en las normas UNE 216501 y UNE-EN 16247-1, donde figuran los requisitos para la realización de auditorías energéticas.

En base a la normativa nombrada, el estudio energético ha permitido determinar los siguientes puntos:

- Recopilación de información descriptiva de las características energéticas del edificio CIRCE: envolvente térmica, instalaciones, perfiles de uso, etc.
- Desempeño energético actual de la organización. Se ha analizado la situación energética actual a través de la identificación de las fuentes de energía utilizadas, así como de las instalaciones, equipamiento, sistemas, procesos y personal que trabaja para, o en nombre de la organización. De esta manera, se ha evaluado el uso y consumo histórico y actual de la energía.
- Identificación de los usos significativos de la energía, es decir, aquellos que tienen un consumo sustancial de energía y/o que ofrecen un alto potencial de mejora en el desempeño. Asimismo, se han determinado posibles variables que afecten a dichos usos.
- La línea base de consumo de energía, así como los indicadores de desempeño energético, que permiten el seguimiento y la medición del desempeño energético. Mediante estas herramientas, que se deberán actualizar periódicamente, es posible estimar el uso y consumo futuro de energía.
- Identificación, evaluación y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético, que posteriormente permitan establecer una serie de objetivos energéticos y metas que configuren el plan de acción para la gestión energética de la organización.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Objeto y alcance	6
2. RECOPIACIÓN DE DATOS DEL EDIFICIO.	7
2.1 Presentación del edificio.....	7
2.2 Recopilación de datos del sistema de iluminación.	9
2.3 Recopilación de datos del sistema de climatización y ventilación.....	9
2.4 Recopilación de datos de la envolvente del edificio.	15
2.5 Recopilación de datos de los laboratorios.	17
2.6 Recopilación de datos de los sistemas de ofimática.....	18
2.7 Otros.....	19
3. BALANCES DE ENERGÍA.....	20
3.1 Análisis de los consumos de energía.....	20
3.2 Identificación de los usos de la energía.	25
3.3 Curva de carga del edificio.	35
3.4 Línea base energética.....	37
3.5 Indicadores de desempeño energético.....	40
4. MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO.....	42
5. CONCLUSIONES.	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS:	
ANEXO 1: SUPERFICIES ÚTILES DEL EDIFICIO.	
ANEXO 2: RECOPIACIÓN DE DATOS DEL EDIFICIO.	
ANEXO 3: INEFICIENCIAS OBSERVADAS, ACCIONES DE MEJORA Y ESTIMACIÓN DE AHORRO.	

Índice de figuras:

<i>Figura 1. Distribución en planta del edificio y vista general.</i>	8
<i>Figura 2. Componentes del sistema de regulación de la temperatura.</i>	10
<i>Figura 3. Funcionamiento de la chimenea solar y de la linterna.</i>	14
<i>Figura 4. Desglose de consumos energéticos por tipo de fuente.</i>	21
<i>Figura 5. Evolución mensual del consumo eléctrico para los últimos dos años.</i>	22
<i>Figura 6. Comparación del consume eléctrico anual para los últimos dos años.</i>	22
<i>Figura 7. Evolución mensual del consumo de gas natural para los últimos dos años.</i>	23
<i>Figura 8. Desglose de las emisiones de CO₂ por tipo de fuente.</i>	24
<i>Figura 9. Desglose de costes energéticos según tipo de fuente.</i>	25
<i>Figura 10. Desglose del consumo eléctrico de iluminación por zonas.</i>	26
<i>Figura 11. Evolución del consumo medido en el cuadro principal de refrigeración y de la temperatura exterior.</i>	28
<i>Figura 12. Evolución del consumo medido en el cuadro secundario de refrigeración y de la temperatura exterior.</i>	28
<i>Figura 13. Correlación entre el consumo eléctrico en refrigeración y la temperatura exterior media.</i>	29
<i>Figura 14. Medición del consume eléctrico del laboratorio IER.</i>	30
<i>Figura 15. Reparto de consumos eléctricos.</i>	31
<i>Figura 16. Reparto de consumos de gas natural.</i>	32
<i>Figura 17. Reparto del consume de energía total por usos.</i>	33
<i>Figura 18. Diagrama de Pareto del consumo de energía del edificio.</i>	34
<i>Figura 19. Curva de carga del mes de Mayo de 2012.</i>	35
<i>Figura 20. Curva de carga de una semana.</i>	35
<i>Figura 21. Curva de carga durante las horas de ocupación del edificio.</i>	36
<i>Figura 22. Evolución mensual del consumo de gas natural y de los grados-día de calefacción para el año 2012.</i>	38
<i>Figura 23. Línea base para el consumo de gas natural.</i>	39

Índice de imágenes:

<i>Imagen 1. Unidad interior del sistema de refrigeración (izquierda) y unidades exteriores.</i>	11
<i>Imagen 2. Termostato de regulación del sistema de aire acondicionado.</i>	12
<i>Imagen 3. Chimenea solar.</i>	13
<i>Imagen 4. Linterna.</i>	13
<i>Imagen 5. Cubiertas verdes.</i>	16
<i>Imagen 6. Toldos protectores del pasillo de despachos este.</i>	16
<i>Imagen 7. Rejilla de refrigeración para los servidores.</i>	18
<i>Imagen 8. Termostato del sistema de refrigeración de los servidores.</i>	18

Índice de tablas:

<i>Tabla 1. Desglose de consumos energéticos.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2. Desglose de costes energéticos para el año 2012.</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3. Desglose del consume eléctrico de iluminación.</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 4. Desglose del consumo eléctrico de ofimática.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 5. Consumo de energía eléctrica en refrigeración.</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 6. Consumos diarios del laboratorio IER.</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 7. Consumo de energía eléctrica del laboratorio IER.</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 8. Desglose del consumo eléctrico por usos significativos.</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 9. Desglose del consumo de gas natural por usos.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 10. Resumen del consume energético total del edificio.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 11. Indicadores de desempeño energético.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 12. Tabla resumen de medidas de ahorro energético.</i>	<i>44</i>

1. INTRODUCCIÓN.

Desde los últimos años, el mundo se encuentra sumido en una profunda crisis económica. Dada esta desafortunada situación, la eficiencia energética constituye un elemento clave para el desarrollo de la economía. Gracias a ella, se obtienen importantes ahorros energéticos y, por tanto, económicos.

Además, se producen impactos socioeconómicos muy positivos al generarse nuevas actividades económicas. El desarrollo del mercado de productos y servicios relacionados con la eficiencia energética y el propio ahorro energético generado, se ven reflejados en un incremento del Producto Interior Bruto y del empleo. Otros beneficios adicionales derivados de la eficiencia energética son de índole ambiental, tales como el ahorro en el uso de recursos naturales, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero... Es decir, favorece la conservación del medio ambiente.

Por tanto, teniendo en cuenta el marco actual de crisis económica mundial y de concienciación sobre el impacto ambiental de la acción humana, resulta crucial reducir los costes asociados al suministro energético, mediante un óptimo uso de la energía y la utilización de energías renovables. Las auditorías energéticas son el primer paso para alcanzar estos objetivos.

Aunque tradicionalmente el sector del transporte y la industria han sido los dos grandes consumidores de energía, en la última década, el sector terciario (residencial y servicios), compuesto en su mayoría por edificios, está tomando mayor relevancia en el consumo de energía.

En cada edificio se consume energía para satisfacer las necesidades de calefacción, refrigeración, disponibilidad de agua caliente sanitaria, ventilación, iluminación, cocina, lavado, conservación de los alimentos, ofimática, etc. Según IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), la suma de este consumo representa en España el 20% del consumo de energía final, un porcentaje que tiende, además, a incrementarse.

Por todos estos motivos, la eficiencia energética en el sector terciario y, en concreto, las auditorías energéticas en los edificios, han cobrado una mayor importancia en los últimos años, puesto que cada vez es mayor el número de entidades, tanto públicas como privadas, que son conscientes de los beneficios que conlleva su aplicación.

Una auditoría energética implica realizar una labor de recogida de información, para conocer el pasado y el presente del desempeño energético de la organización. Tras el análisis y clasificación de estos datos, se proponen y cuantifican acciones de mejora que conlleven una disminución de los consumos.

Además, mediante herramientas como la línea base o los indicadores de desempeño energético, es posible estimar la evolución del uso y consumo de la energía. Por otra parte, las auditorías también fomentan la diversificación energética, valorando la implantación de fuentes de autoproducción de energía.

1.1 Objeto y alcance.

El objeto de este proyecto es la realización de una auditoría energética del edificio de I+D+I de eficiencia energética CIRCE, donde se ubica la sede del Instituto Universitario de Investigación Mixto CIRCE de la Universidad de Zaragoza.

El alcance del presente estudio abarca la totalidad del edificio situado en la calle Mariano Esquillor Gómez, 15 – E, C.P. 50018, en el Campus Río Ebro de Zaragoza.

Desde el punto de vista técnico, el estudio está basado en la norma UNE 216501, así como la UNE-EN 16247-1, que establecen los requisitos en la elaboración de auditorías energéticas. Con ello, se trata de obtener toda la información necesaria para la realización de la auditoría energética conforme a lo que establece la norma UNE EN ISO 50001.

En base a los requisitos normativos nombrados, el estudio tendrá una profundidad y nivel de detalle acorde a la complejidad de la organización, que permitirá establecer los siguientes apartados:

- Situación energética desde el punto de vista técnico, que permita la determinación del desempeño energético actual de la organización a través de la identificación de las instalaciones, equipamiento, sistemas, procesos y personal que trabaja para, o en nombre de, la organización y que afecten significativamente al uso y consumo de la energía.
- Identificación de los usos significativos de la energía y posibles variables influyentes.
- Establecer la línea base de consumo de energía, así como los indicadores de desempeño energético.
- Estimar el uso y consumo futuro de energía.
- Identificación, evaluación y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético, que posteriormente permitan establecer una serie de objetivos energéticos y metas que configuren el plan de acción para la gestión energética de la organización.

Por tanto, en primer lugar se presenta una recopilación de datos del edificio. Posteriormente, se analizará esta información en el apartado de Balances de Energía, para finalmente, en el último apartado, proponer medidas de ahorro energético para reducir los consumos del edificio.

Adicionalmente, se adjuntan tres anexos que complementan la documentación contenida en esta memoria. En el Anexo 1 se incluyen las superficies útiles del edificio. Por su parte, el Anexo 2 contiene información relacionada con las diferentes instalaciones del edificio: inventarios, especificaciones de los equipos instalados, curvas de carga, etc. Finalmente, en el Anexo 3 se presenta la descripción detallada de cada una de las medidas de ahorro energético propuestas, incluyendo ineficiencias observadas, acciones de mejora y estimaciones de ahorro.

2. RECOPIACIÓN DE DATOS DEL EDIFICIO.

2.1 Presentación del edificio.

Como se ha definido anteriormente, el edificio objeto de la revisión energética es la sede del Instituto Universitario de Investigación Mixto CIRCE de la Universidad de Zaragoza, ubicado dentro del Campus Río Ebro, en concreto en la calle Mariano Esquillor Gómez, 15 – E, 50018. El edificio es utilizado por la Fundación CIRCE, pero las instalaciones son propiedad de la Universidad de Zaragoza.

Se trata de un edificio de nueva construcción, cuya fecha de visado del proyecto es anterior a la entrada en vigor del Real Decreto 314/2006 (Código Técnico de la Edificación) y sus documentos básicos de Ahorro de Energía DB HE1 a HE5. También es anterior al Real Decreto 47/2007 (Certificación Energética de Edificios Nuevos) y los procedimientos y criterios de calificación energética de edificios nuevos y grandes rehabilitaciones y al Real Decreto 1027/2007 (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios) y las exigencias de eficiencia energética y seguridad en él exigidas, que deben cumplir las instalaciones térmicas y las inspecciones de calderas y equipos de aire acondicionado.

En su lugar, su edificación estuvo regulada por la normativa aprobada por el Real Decreto 2429/1979, NBE – CT 79 (Normativa Básica de la Edificación, Condiciones Térmicas de los Edificios) y por el Real Decreto 1751/1998, RITE 98 (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios del año 1998) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).

Por otro lado, cabe destacar que la edificación se realizó estrictamente según los principios de la Bioconstrucción, utilizando materiales nobles, como corcho natural, madera, piedra natural y ladrillos, que no perjudican el medio ambiente. Aplicando los criterios de sostenibilidad, no se han utilizado materiales tóxicos.

Bajo estos principios se aprovecha la energía solar pasiva, para un ahorro de energía térmica, buscando una orientación favorable hacia el sol, aportando calor para el edificio en invierno, con un buen aislamiento térmico y con una gran masa térmica de acumulación en suelo y paredes.

En la concepción del edificio se integran los dos aspectos fundamentales del diseño bioclimático o energético: el arquitectónico “pasivo”, y el “activo” relativo a las instalaciones térmicas y eléctricas. Se ha buscado un funcionamiento energético optimizado, limitando drásticamente los costes anuales de mantenimiento.

La edificación se ubica sobre una parcela con una superficie de 4.357 m² y ocupa 1.381 m² en planta baja, siendo el resto superficie ajardinada. El volumen total edificado es de 9.550 m³. En total se dispone de 1.743 m² útiles, con una superficie construida total de 1.990 m². El edificio tiene forma compacta y está dividido en dos plantas.

Se aprecian claramente tres elementos: el núcleo circular coronado con una cúpula, los despachos agrupados a su alrededor y los laboratorios. Estos constituyen una nave rectangular a 36 grados sobre el eje este-oeste, que actúa como barrera contra los vientos predominantes en la zona (dirección noroeste).

Cabe destacar los siguientes aspectos arquitectónicos que actúan como elementos pasivos en la climatización del edificio: una chimenea solar, un invernadero, una torre de refrigeración pasiva o linterna y cubiertas verdes (con vegetación). Estos elementos son indispensables para el correcto funcionamiento del edificio, y se describirán de forma más concisa en los apartados de descripción de la ventilación y la envolvente. La superficie útil de cada planta se detalla en el Anexo 1.

El traslado al edificio por parte del personal comenzó aproximadamente a mediados del año 2010. El promedio de trabajadores para el año 2012 fue de 103 personas. Además de los trabajadores del edificio, existe un número variable de alumnos en diferentes períodos fijos y visitantes a diario.

La ocupación del edificio por parte de los empleados comienza a las 9:00 de la mañana y se prolonga hasta alrededor de las 20:00 horas, aproximadamente. Sin embargo, el personal de conserjería llega al edificio en torno a las 8:00 horas, y cierra el mismo a las 21:30 de la noche. Además, el personal de limpieza comienza a trabajar en el edificio a las 6:00 de la mañana. El edificio se encuentra desocupado durante los fines de semana, festivos y horarios nocturnos, aunque es posible que algún trabajador acceda al puesto de trabajo de forma puntual.

A continuación, se muestran dos imágenes de la ubicación de las distintas zonas, así como una fotografía de la fachada sur del edificio.



Figura 1. Distribución en planta del edificio y vista general.

2.2 Recopilación de datos del sistema de iluminación.

Para la evaluación del sistema de iluminación, se ha tomado como punto de partida la documentación del proyecto de ejecución del edificio relativa a la instalación eléctrica de baja tensión. No obstante, revisando in situ la instalación de iluminación, se ha comprobado que ésta no concuerda completamente con lo especificado en el proyecto del edificio.

Por tanto, la información presentada en el presente proyecto ha sido obtenida de la observación de la instalación real, a través de la realización de un inventario detallado de los puntos de luz instalados, sus características y horas de encendido. Para su identificación y dependiendo de su ubicación y tipología se distinguen varios tipos de sistemas de iluminación:

- Sistema de iluminación de oficinas y despachos.
- Sistema de iluminación de aseos, duchas y vestuarios
- Sistema de iluminación de los laboratorios.
- Sistema de iluminación de pasillos, distribuidores y cúpula central.
- Sistema de iluminación exterior.

La descripción detallada de la iluminación de cada zona, además del inventario final de la instalación de iluminación, se incluyen en el apartado 2.1 del Anexo 2.

2.3 Recopilación de datos del sistema de climatización y ventilación.

2.3.1 Sistema de calefacción.

Se presenta a continuación una descripción del sistema de calefacción, que incluye equipos de generación y distribución así como regulación y control. Las especificaciones de los equipos instalados se incluyen en el apartado 2.2 del Anexo 2.

Equipos de generación

El sistema de calefacción instalado consiste en un sistema de generación de agua caliente, con producción de calor por medio de una caldera de gas natural modular. Además, se dispone de un segundo sistema de producción de apoyo mediante una bomba de calor.

La bomba de calor es de tipo geotérmico, es decir, con condensador remoto mediante red de tuberías enterradas en el suelo a un metro de distancia de la superficie formando una parrilla horizontal. Sin embargo, según han manifestado los responsables de mantenimiento del edificio se tiene en contra que, debido a las limitaciones de terreno existentes, no se cubren totalmente las necesidades teóricas de cálculo.

Distribución.

Dado el tipo de edificio, realizado mediante muros de gran inercia térmica, la calefacción se realiza mediante suelo radiante, evitándose los efectos producidos por sistemas fundamentados en la convección y/o grandes movimientos de aire. Con este sistema se alcanzan temperaturas de confort en los periodos invernales. La temperatura de distribución del agua por el suelo radiante es de 40-45 °C.

Este suelo radiante, mantiene una temperatura superficial del suelo comprendida normalmente entre 19 °C y 26°C, estando concebido para mantenerlo como máximo a 29°C para condiciones invernales.

En la zona de laboratorios de biomasa e integración de energías renovables, se dispone además de una red independiente que alimenta a un aerotermo para cada zona, debido a la reducción de la superficie libre de emisión por maquinaria instalada o canales en la solera. Sin embargo, estos aerotermos no resultan suficientes para alcanzar la temperatura de confort, por lo que el personal de los laboratorios utiliza estufas eléctricas por efecto Joule.

Regulación y control.

El control de temperatura de cada zona se realiza mediante termostatos. Se dispone de un termostato transmisor en cada una de las estancias del edificio. Emiten la información por radiofrecuencia y ésta es recibida por el display de control, el cual se comunica con la unidad base de regulación, que es la que actúa sobre los cabezales electrotérmicos. Éstos son los encargados de regular la entrada de agua a través de las tuberías del suelo radiante.

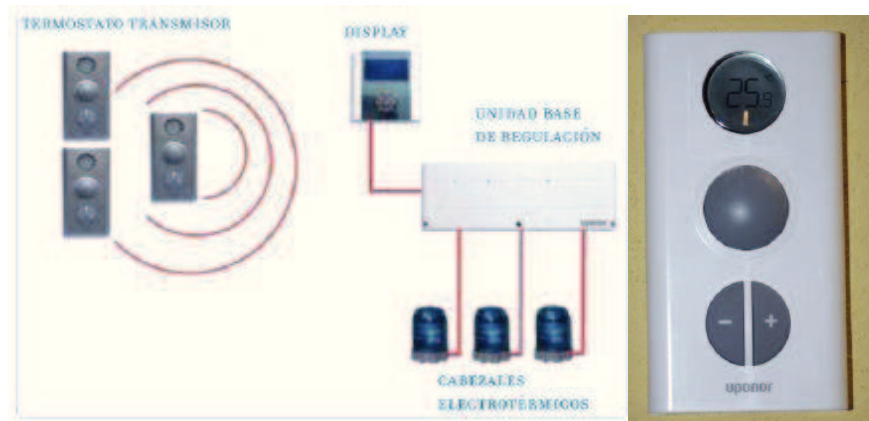


Figura 2. Componentes del sistema de regulación de la temperatura.

Los termostatos transmisores son los únicos elementos que debe manipular el personal para la regulación de la temperatura. Además de los despachos, existen cuatro zonas comunes en las que hay termostatos transmisores: biblioteca, sala de reuniones, office y cúpula central en planta baja. Estos termostatos son manipulados por el personal de conserjería.

Los displays de control, situados en las estancias comunes, sólo pueden ser manipulados por el servicio de mantenimiento de la Universidad de Zaragoza. Se encuentran ubicados en el pasillo de despachos este, en la cúpula central en planta baja, en el laboratorio de biomasa y en el pasillo del bloque de laboratorios en planta primera.

2.3.2 Sistema de refrigeración.

A pesar de lo especificado en el proyecto del edificio, la bomba de calor geotérmica no se utiliza en modo refrigeración para refrescamiento con suelo radiante, puesto que la superficie de intercambio térmico con el terreno está infradimensionada lo que provoca el sobrecalentamiento de la máquina.

En su lugar, para la refrigeración del edificio se instaló un sistema de climatización *multisplit* con caudal variable de refrigerante (VRV, variable refrigerant volume). Está compuesto por varias unidades exteriores (condensadores), y cada una de ellas alimenta a una serie de unidades interiores (evaporadoras).

Este tipo de sistema de caudal variable de refrigerante entrega a cada unidad interior el refrigerante (potencia frigorífica) que demanda la zona que climatiza. De esta manera, se consigue adecuar el consumo de la instalación a las necesidades reales de cada zona climatizada.

Algunos de estos sistemas alimentan hasta a 6 unidades interiores. En las siguientes imágenes se muestran sendos ejemplos de las unidades interiores y exteriores.



Imagen 1. Unidad interior del sistema de refrigeración (izquierda) y unidades exteriores.

El período general de utilización del sistema de refrigeración es del 15 de Junio al 10 de Septiembre. En un primer momento, el horario de funcionamiento no ha estado controlado, es decir, cualquier usuario podía poner en marcha o parar la unidad interior de su despacho a voluntad y en cualquier momento (dentro del horario de uso del edificio, de 9:00 a 21:00 horas).

Recientemente, desde la unidad central de la Universidad de Zaragoza amplían o reducen las horas de funcionamiento. En general, y dependiendo de la temperatura exterior, durante la primera mitad del mes de junio, el horario de uso del aire acondicionado se restringe de 12:00 a 18:00 horas y a partir de julio se amplía de 9:00 a 18:00 horas.

En cuanto a la temperatura de consigna para refrigeración, según las especificaciones del RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios) se establece que dicha temperatura no debe ser inferior a 26º C en el interior de edificios y locales climatizados destinados a usos administrativos. Sin embargo, puesto que cada despacho dispone de un termostato para regular la temperatura del mismo (como el mostrado en la imagen siguiente), esta restricción no siempre se cumple.



Imagen 2. Termostato de regulación del sistema de aire acondicionado.

Con el fin de evaluar el comportamiento de la demanda de energía del sistema y establecer su consumo, se han conectado dos analizadores de redes a los cuadros eléctricos correspondientes al sistema de refrigeración. El análisis detallado de la información obtenida con dichos analizadores se presenta en el apartado 2.2 del Anexo 2.

2.3.3 Agua caliente sanitaria (A.C.S).

No se realiza producción de agua caliente sanitaria de forma centralizada, siendo ésta individual en la zona de duchas y office mediante termos eléctricos (2 unidades de 50 litros). Rara vez son utilizados.

2.3.4 Ventilación.

La ventilación es de tipo natural excepto en aseos, biblioteca y sala de reuniones. La ventilación de forma forzada se lleva a cabo por medio de extractores helicocentrífugos, que son controlados por interruptor manual.

En cuanto a la ventilación natural, es necesario destacar dos elementos constructivos importantes: la chimenea solar y la torre de refrigeración pasiva o linterna.

Chimenea solar:

Este elemento constructivo permite llevar a cabo una ventilación nocturna en verano, cuando las temperaturas exteriores son menores, generando un movimiento del aire del interior del edificio hacia el exterior. Mide 13 metros de altura y está compuesta por muros de alta inercia térmica, que retienen el calor recibido durante las horas de mayor radiación. Cuando la temperatura exterior vuelve a bajar, la chimenea comienza a funcionar.



Imagen 3. Chimenea solar.

Torre de refrigeración pasiva (linterna):

Mediante este elemento, además de captar luz natural, en verano sirve para evacuar al exterior el aire más caliente del edificio, puesto que éste tiene una densidad menor que el aire frío. De esta manera, el aire caliente es expulsado hacia arriba por la linterna, al igual que sucede con la chimenea solar.



Imagen 4. Linterna.

En la figura siguiente se muestra un esquema del funcionamiento correcto de ambas durante las noches de verano.

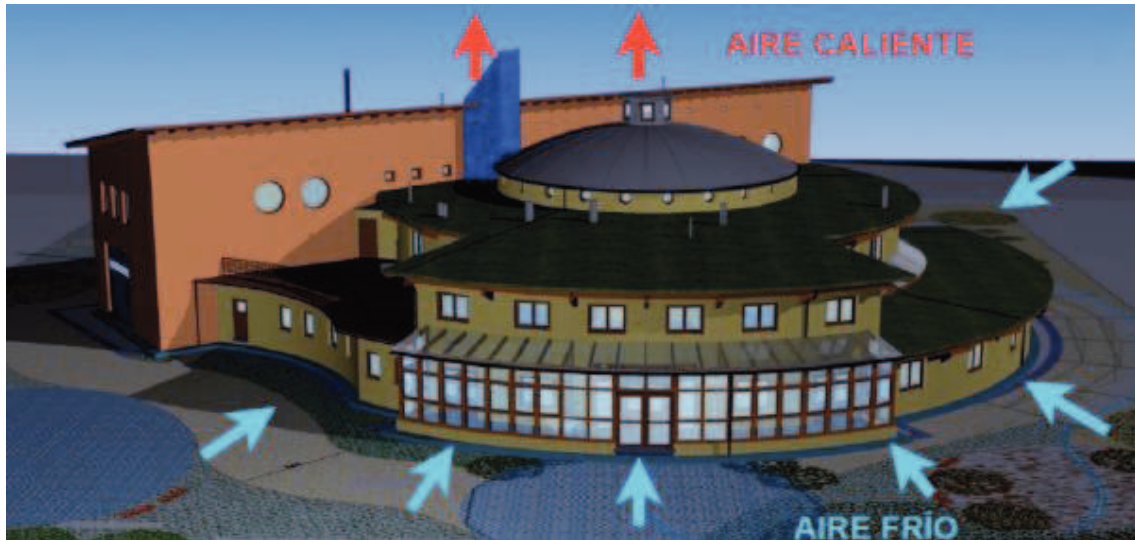


Figura 3. Funcionamiento de la chimenea solar y de la linterna.

La apertura y cierre de estos dos elementos es controlado mediante un mando a distancia por el personal de conserjería. La utilización de los mismos actualmente no es la adecuada tanto por su modo de utilización como por motivos de seguridad del edificio.

En verano, tanto la chimenea solar como la linterna, permanecen abiertas las veinticuatro horas del día. Para el correcto funcionamiento de ambas, durante la noche se deberían abrir las ventanas de los despachos, para permitir la entrada de aire frío al edificio, tal y como se muestra en la figura anterior. Sin embargo, dichas ventanas se mantienen cerradas por motivos de seguridad. Únicamente permanece abierta una ventana situada en la parte superior de la puerta de la entrada este del edificio. En invierno permanecen cerradas.

2.4 Recopilación de datos de la envolvente del edificio.

Como se ha indicado anteriormente, la edificación se ha realizado siguiendo las normas de la bioconstrucción, utilizando materiales como corcho, madera, piedra natural, ladrillos de arcilla aligerada y pinturas naturales al silicato, que no perjudican el medio ambiente. No se han utilizado materiales tóxicos.

La estructura vertical está compuesta por muros de carga de diferentes espesores, que se apoyan sobre la losa de cimentación (1.000 m^3) sobre zahorras compactadas, lámina de polipropileno con nódulos con geotextil como impermeabilizante y protección. Los muros principales exteriores son de dos caras: la cara exterior de bloques de termoarcilla reforzado (29 cm) con armadura en el tendel y la interior de ladrillo perforado de un pie, ambas unidas con grapas de unión de llaves de acero inoxidable.

Además, en los tres muros del lado norte de los laboratorios se han fijado planchas de corcho de 3 cm de espesor. Por su parte, la estructura horizontal está formada, en la parte principal, por forjados y cubiertas de vigas de madera laminada, apoyados en zunchos de hormigón como coronación de los muros de carga. Se ha considerado un aislamiento optimizado para cada una de las zonas térmicas, dependiendo de su grado de exposición al exterior y de la diferente utilización de los espacios de accesos, zonas de paso, laboratorios u oficinas, y se ha estudiado la correcta ubicación de la masa térmica de inercia. Se ha utilizado corcho natural en planchas y en forma granular, mezcla con arcilla expandida.

Se incluye en el apartado 2.3 del Anexo 2 la ficha justificativa del cálculo del indicador K_G del edificio, según la norma NBE-CT-79, que era de aplicación cuando se llevó a cabo el proyecto. Dicho indicador aporta información sobre las pérdidas caloríficas del edificio a través de su envolvente. Se puede comprobar que el edificio cumple ampliamente la normativa.

2.4.1 Invernadero.

Este elemento está adosado a la fachada curvada del sur. Aprovecha la energía solar pasiva, aportando calor en invierno y siendo un apoyo del sistema de calefacción. Tiene el techo acristalado y se ha construido con postes y vigas de madera de pino laminada, apoyadas encima de un murete de ladrillo perforado.

Este invernadero tiene importancia no solo para el soleamiento de las estancias adyacentes durante el tiempo frío, sino que además funciona como calefacción en invierno, incluso en los momentos en que la radiación solar es menor, debido a la acumulación de calor en la masa de elevada inercia térmica de paredes y suelos.

Dispone de elementos móviles, pudiéndose abrir todas las ventanas verticales de la parte central. Además, se han dispuesto toldos practicables exteriormente encima de las ventanas horizontales de la parte superior. De este modo, en verano se crea un porche en sombra, con ventilación, que protege el interior del exceso de calor y sirve para refrescar los recintos adosados.

El acristalamiento del invernadero está formado a base de cristal simple (6 mm) en los cerramientos verticales. El acristalamiento exterior en puertas y ventanas es de doble vidrio

con cámara (4/16/4 mm), mientras que los vidrios interiores son simples. Todos son de baja emisividad, con una transmisión luminosa alta y un factor solar reducido.

2.4.2 Cubiertas verdes.

Las cubiertas verdes (con vegetación) compensan la ocupación de espacios libres, generan oxígeno, actúan de aislamiento térmico y acústico, favorecen la absorción de partículas de polución y suciedad, evitan el recalentamiento en verano y reducen las oscilaciones extremas de temperaturas y humedad. Existen 1178 m² de cubiertas verdes.



Imagen 5. Cubiertas verdes.

2.4.3 Elementos de protección solar.

Se utilizan toldos y persianas, pero sólo en aquellas zonas del edificio expuestas a la radiación solar directa, para evitar el paso de la misma al interior del edificio en verano. En invierno no se usan, para conseguir la mayor captación energética posible. Los toldos son controlados desde conserjería. Además, el edificio posee aleros que también ayudan a conseguir el efecto deseado debido a la mayor altura del sol en verano que en invierno.



Imagen 6. Toldos protectores del pasillo de despachos este.

2.5 Recopilación de datos de los laboratorios.

Los inventarios de los principales equipos empleados en los laboratorios, junto con los consumos de energía de los diferentes ensayos en ellos realizados se detallan en el apartado 2.4 del Anexo 2.

2.5.1 Laboratorio de biomasa y co-combustión.

Se trata de una instalación destinada a realizar diferentes ensayos de generación de calor, frío y electricidad, ya sea mediante la combustión de gas natural o mediante la combustión de biomasa.

Atendiendo al inventario de equipos y a la información facilitada por el personal del laboratorio, se pueden estimar, en primera aproximación, los siguientes consumos:

- Electricidad:

El personal del laboratorio ha manifestado que se realizan al año entre 4 y 5 pruebas, lo que supone un consumo aproximado de unos 650 kWh/año.

Dado el reducido consumo eléctrico que presenta este laboratorio, y puesto que las pruebas que en él se realizan son puntuales a lo largo del año, no se han tomado medidas con los analizadores de redes.

- Gas natural:

A partir del consumo de gas natural de los meses de verano del año 2012, época durante la cual no se emplea la calefacción, es posible extrapolar el consumo anual de esta fuente de energía debido a las pruebas del laboratorio. De esta manera, se obtiene un consumo aproximado de unos 4800 kWh/año.

2.5.2 Laboratorio de integración de energías renovables (IER).

La investigación del laboratorio de integración de energías renovables está orientada a la conexión a la red eléctrica de los sistemas de generación renovables, sistemas de almacenamiento y microrredes. También se estudian aplicaciones de mejora de la calidad de red y la carga de vehículos eléctricos.

En sus instalaciones se ensayan configuraciones de electrónica de potencia mediante la asociación de distintas fuentes renovables y sistemas de almacenamiento, la conexión de éstas a redes débiles o sistemas de microgeneración de corriente continua, entre otros.

Se ha conectado un analizador de redes en el cuadro correspondiente al laboratorio de integración de energías renovables. Se han abarcando casi dos semanas laborales completas, que son representativas de la demanda anual ya que en el caso de este laboratorio los ensayos se llevan a cabo de forma continuada a lo largo de todo el año, y no de forma puntual como ocurre en el laboratorio de biomasa y co-combustión. El análisis detallado de la información obtenida se incluye en el apartado 2.4 del Anexo 2.

2.6 Recopilación de datos de los sistemas de ofimática.

Los principales equipos ofimáticos empleados en el edificio son los siguientes: ordenadores de mesa, ordenadores portátiles, monitores e impresoras. El inventario completo de equipos ofimáticos puede ser consultado en el apartado 2.5 del Anexo 2.

2.6.1 Servidores informáticos.

El edificio cuenta con tres servidores que mantienen el sistema informática y un clúster de cálculo, ubicados en la primera planta del bloque de laboratorios. Los servidores presentan una potencia total de 2.340 W (780 W cada uno) y el clúster de cálculo 1.140 W.

La sala de servidores posee un sistema de refrigeración propio, para controlar la temperatura de los mismos. Se trata de una bomba de calor aire-aire modelo AIRDATA MD4/3, con una potencia frigorífica de 1,5 kW. Impulsa aire frío a través de unas rejillas situadas en el suelo, tal y como se observa en la imagen siguiente.



Imagen 7. Rejilla de refrigeración para los servidores.

La temperatura de esta sala se mantiene a unos 18 °C en todo momento y durante todo el año, y se puede regular mediante el termostato que se muestra a continuación.

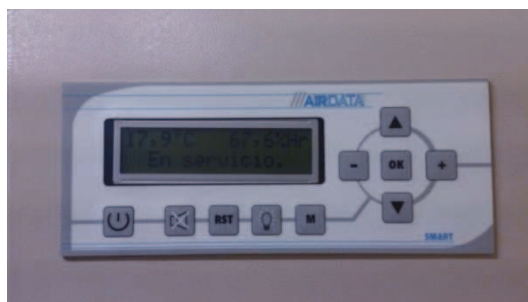


Imagen 8. Termostato del sistema de refrigeración de los servidores.

El bloque de servidores tiene instalado un analizador de redes, el cual muestra un registro de potencia promedio demandada a lo largo del año de 4,5 kW, dato que se ha tomado como válido para la estimación del consumo de los servidores informáticos que incluye también la demanda debida al sistema de refrigeración.

2.7 Otros.

Existen también otros equipos que no se incluyen en las instalaciones antes descritas. Este grupo engloba pequeños equipos eléctricos conectados a los enchufes, tales como cargadores de móvil, ventiladores, flexos, etc. y también los electrodomésticos existentes en el office: dos microondas, dos cafeteras y un frigorífico.

Por otro lado, en la sala central del edificio se ubica una fuente de agua ornamental. Además, el edificio cuenta con un ascensor, pero su utilización es esporádica. Dicho ascensor cuenta en su interior con dos lámparas fluorescentes tubulares de 18 W, que permanecen continuamente encendidas.

3. BALANCES DE ENERGÍA.

El objetivo de este capítulo es mostrar la metodología aplicada para el cálculo y desglose de los distintos balances de energía. Se establecen también las hipótesis de cálculo consideradas así como el tratamiento de los datos disponibles y los cálculos realizados.

Conocidos los principales equipos consumidores de energía y el reparto por actividades en los diferentes bloques del edificio, mediante las visitas al mismo, se ha podido obtener una visión general de la forma en la cual actualmente se está consumiendo la energía. Con ello, se pretende mostrar de forma precisa cómo, dónde y cuándo se consume la energía, lo que facilitará la toma posterior de medidas encaminadas a la mejora en la gestión energética del edificio, así como a la toma de decisiones relacionadas con el suministro energético.

3.1 Análisis de los consumos de energía.

3.1.1 Adquisición de datos.

Los datos utilizados provienen de distintas fuentes:

- De la observación directa del estado del edificio mediante las visitas técnicas realizadas.
- De las facturas energéticas facilitadas.
- De las mediciones realizadas con equipos de medida propiedad de CIRCE.
- De los archivos, proyectos, hojas técnicas de equipos, etc. facilitados.
- De estudios de agencias y secretarías externas, así como documentos de referencia a nivel de eficiencia energética aplicada al caso a estudio.

La observación de las instalaciones se ha realizado durante el mes Junio de 2013, lo que permite su caracterización mediante toma de datos in situ únicamente de la época del año anteriormente mencionada, si bien es cierto que en cada caso se detallará la extrapolación a realizar para el total anual supuesta la actuación de los equipos consumidores de energía.

Han sido facilitados diversos documentos en soporte papel y electrónico necesarios para la correcta interpretación de las instalaciones, así como las características de los equipos existentes. Además, el personal de conserjería del edificio y el personal de limpieza también han ayudado a poder identificar la localización y horarios de uso de estos equipos dentro de las instalaciones.

3.1.2 Análisis de datos.

Para la realización de este estudio se ha tomado como año de referencia el año 2012. Por tanto, todos los consumos anuales que aquí se presentan corresponden a ese año.

El consumo energético total anual proviene de Electricidad y Gas Natural, ascendiendo a **215.526 kWh**, o lo que es lo mismo, **18,5 TEP** (Toneladas Equivalentes de Petróleo). El desglose por tipo de energía consumida se muestra en la siguiente tabla.

DESGLOSE CONSUMOS ENERGÉTICOS CIRCE AÑO 2012				
FUENTE DE ENERGÍA	CONSUMO (kWh/año)	CONSUMO (Tep/año)	PORCENTAJE (%)	EMISIONES (kgCO ₂)
ENERGÍA ELÉCTRICA	161.402	13,8	74,8	48.421
GAS NATURAL	54.124	4,6	25,2	10.890
TOTAL	215.526	18,5	100	59.311

Tabla 1. Desglose de consumos energéticos.

Como se puede observar en el gráfico de distribución porcentual, el consumo predominante se debe a **energía eléctrica**, con un **75 %**, frente al consumo de **energía térmica** en forma de Gas Natural, que representa el **25 %**.

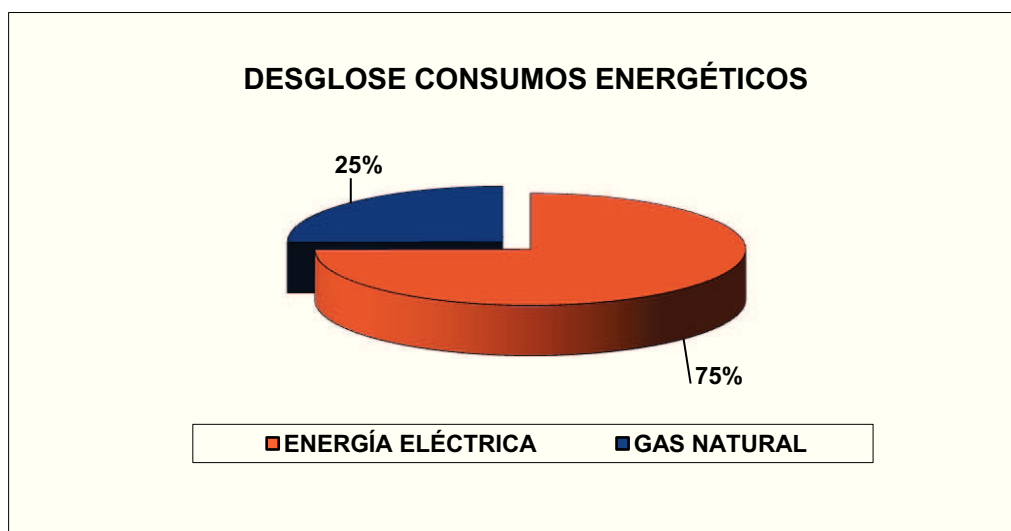


Figura 4. Desglose de consumos energéticos por tipo de fuente.

La evolución del consumo eléctrico puede observarse en la siguiente gráfica, en la que se han representado los datos de consumos correspondientes a los 2 últimos años, de los cuales se dispone información.

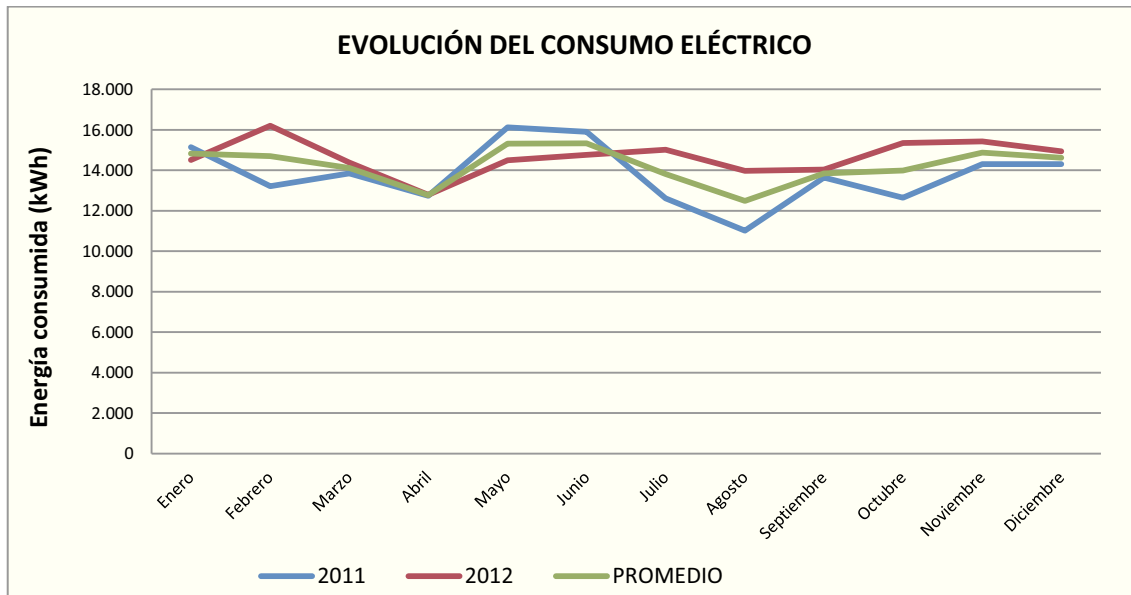


Figura 5. Evolución mensual del consumo eléctrico para los últimos dos años.

La evolución de este consumo no es variable de forma estacional, sino que es prácticamente constante, con una reducción del consumo durante los meses de menor actividad laboral (vacaciones, festivos...), debido a la existencia de menor número de personal en el edificio.

Para la interpretación de la evolución del consumo eléctrico en los diferentes años considerados se muestra la siguiente gráfica, en la cual se observa un descenso de consumo eléctrico de en torno a un 2,5% de 2011 a 2012. Este descenso carece de relevancia para el presente estudio, ya que se encuentra dentro de las fluctuaciones normales que tienen lugar de un año a otro.

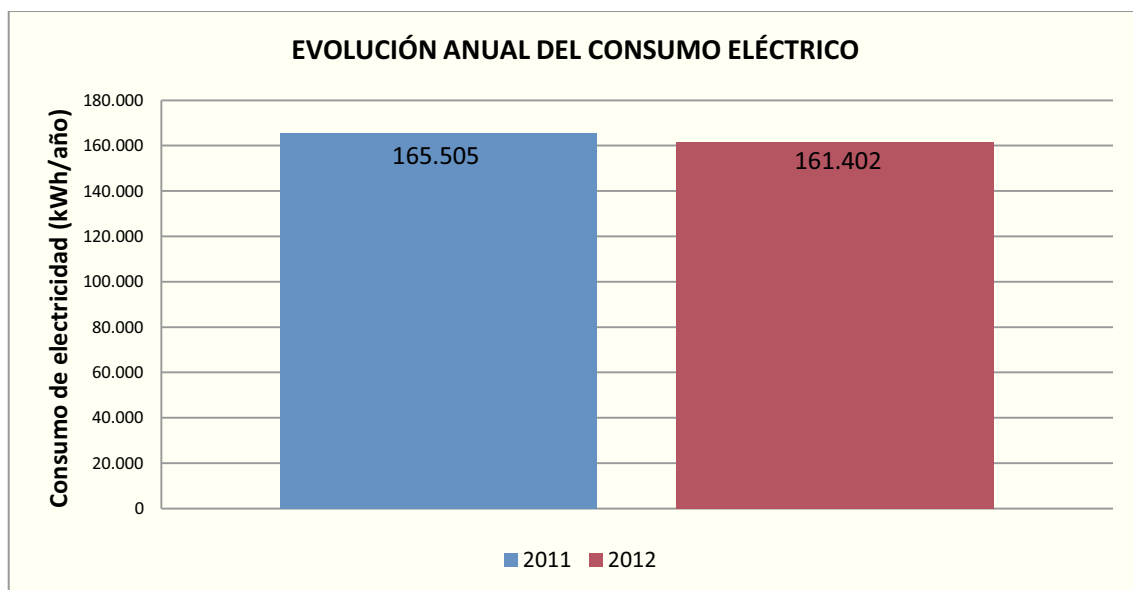


Figura 6. Comparación del consume eléctrico anual para los últimos dos años.

De la misma forma, puede observarse en la siguiente gráfica, el consumo mensual de gas natural, en la que se han representado los datos de consumos correspondientes al año 2011 y 2012, así como el valor promedio.

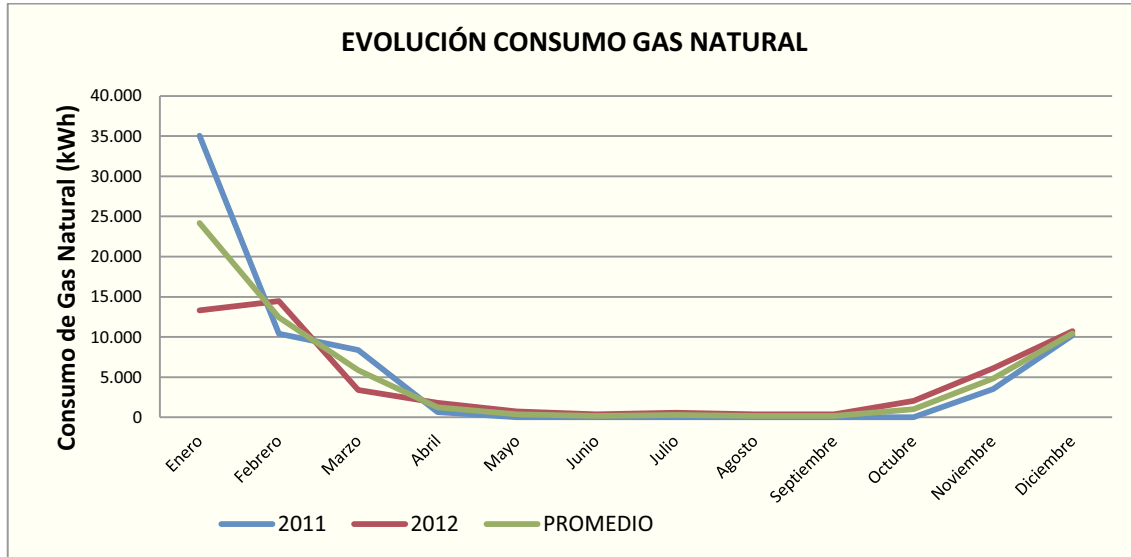


Figura 7. Evolución mensual del consumo de gas natural para los últimos dos años.

La evolución de este consumo sigue la demanda del sistema de calefacción, obteniendo consumos relevantes únicamente durante la temporada de invierno. No obstante, esporádicamente se realizan ensayos consumidores de gas natural en el laboratorio de biomasa y co-combustión.

Balance medioambiental.

Por otro lado, estos consumos energéticos llevan asociados unas emisiones de dióxido de carbono. Los factores de emisión de CO₂ dependen de la fuente energética utilizada, electricidad o gas natural. A continuación se detallan los factores empleados en el estudio¹:

- Electricidad → 0,3 kgCO₂/kWh.
- Gas Natural → 0,201 kgCO₂/kWh.

En su conjunto, el total de emisiones asociadas a los consumos de energía del edificio es de **59.300 kgCO₂/año**. En el siguiente diagrama se presenta el reparto del total de emisiones de dióxido de carbono entre electricidad y gas natural.

¹ Datos obtenidos de Red Eléctrica de España (2012) y del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

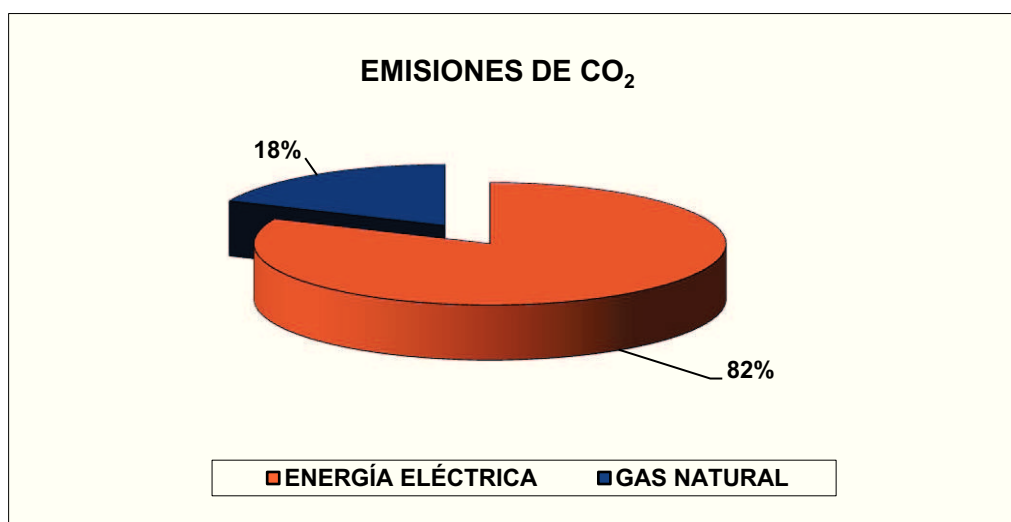


Figura 8. Desglose de las emisiones de CO₂ por tipo de fuente.

Balance económico

En términos monetarios, el consumo energético total supone un coste anual de, aproximadamente, **38.679 €/año**.

DESGLOSE COSTES ENERGÉTICOS CIRCE AÑO 2012			
FUENTE DE ENERGÍA	COSTE ECONÓMICO (€/AÑO)	COSTE UNITARIO (€/kWh)	PORCENTAJE (%)
ENERGÍA ELÉCTRICA	33.890	0,210	88
GAS NATURAL	4.789	0,088	12
TOTAL	38.679	0,195	100

Tabla 2. Desglose de costes energéticos para el año 2012.

En el desglose económico por fuente de energía consumida, el porcentaje de reparto varía significativamente a favor de un mayor coste de la energía eléctrica, que aumenta hasta suponer el 88%, correspondiendo el 12% restante al coste de gas natural.

Además, se ha establecido el precio de la energía eléctrica (€/kWh) para los diferentes períodos horarios (punta, llano y valle). Para ello, se ha partido del precio del contrato eléctrico en cada uno de los períodos descritos, al que se le ha añadido el impuesto eléctrico y el IVA.

Con estos datos, las medidas de ahorro energético serán extrapoladas a términos económicos, a través de los precios de la energía establecidos a partir del precio actual, promediado por el perfil de consumo en cada periodo donde se produzca el ahorro de energía. De esta manera, resulta un coste de 0,15 €/kWh en el caso de medidas con ahorros de energía en periodos de horario de trabajo y de 0,08 €/kWh en el caso de periodos fuera del horario laboral, principalmente horas valle.

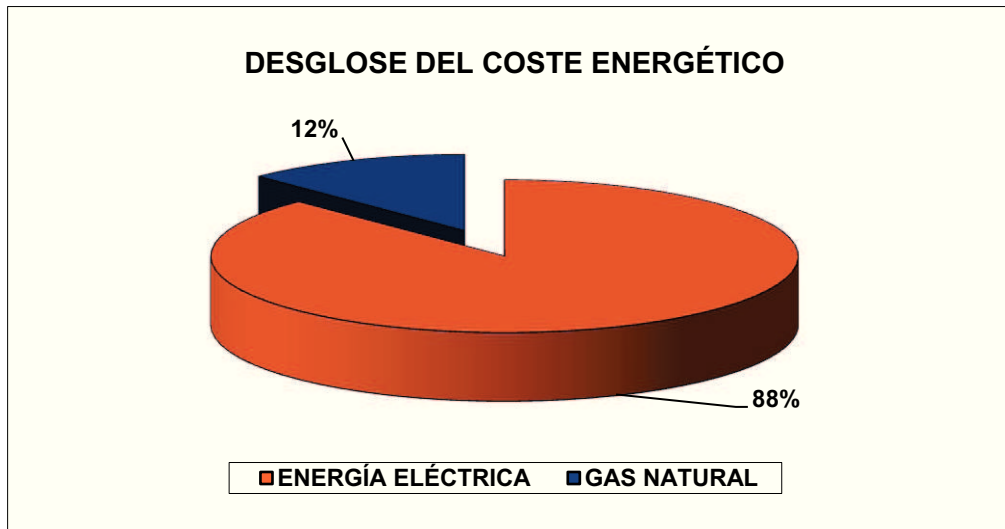


Figura 9. Desglose de costes energéticos según tipo de fuente.

3.2 Identificación de los usos de la energía.

Como principales consumos energéticos que tienen lugar en el edificio CIRCE, y aquellos que marcan la evolución del consumo general del edificio, se han identificado las siguientes instalaciones en base a la información recopilada en el apartado de recopilación de datos del edificio.

- Consumo eléctrico:
 - Instalación de Iluminación.
 - Instalación Ofimática.
 - Instalación de Aire Acondicionado.
 - Laboratorio de IER.
 - Otros consumos: pequeños equipos, sistemas de emergencia, etc.
- Consumo de Gas Natural:
 - Generación de calor – Calefacción.

A través de su análisis y cuantificación se pretende justificar su elección por su peso en el total del consumo de energía del edificio. Serán determinados aquellos usos como significativos siempre que correspondan a un único equipo o conjunto de equipos de similares características y supongan un consumo total de energía superior al 10 % del total anual de energía consumida en el edificio y presenten opciones considerables de mejora en su desempeño energético. Además, el total de usos significativos deberá de sumar una cifra al menos superior al 60 % del consumo total del edificio.

3.2.1 Consumo eléctrico.

3.2.1.1 Instalación de iluminación.

A partir del inventario presentado en la descripción de esta instalación, se ha podido obtener el consumo anual de la misma, estimando las horas de funcionamiento de cada tipo de luminaria. A continuación, se presenta un cuadro resumen con el desglose del consumo de iluminación para cada zona del edificio.

ZONA	Potencia Total instalada (kW)	Energía consumida (kWh/año)
Oficinas y despachos	11,67	29.141
Aseos, duchas y vestuarios	1,63	250
Laboratorios	5,462	4.936
Zonas de paso	9,074	13.275
Exterior	2,304	10.923
TOTAL	30,14	58.525

Tabla 3. Desglose del consume eléctrico de iluminación.

Se presenta también una representación gráfica del porcentaje que representa cada zona en el consumo total de iluminación.

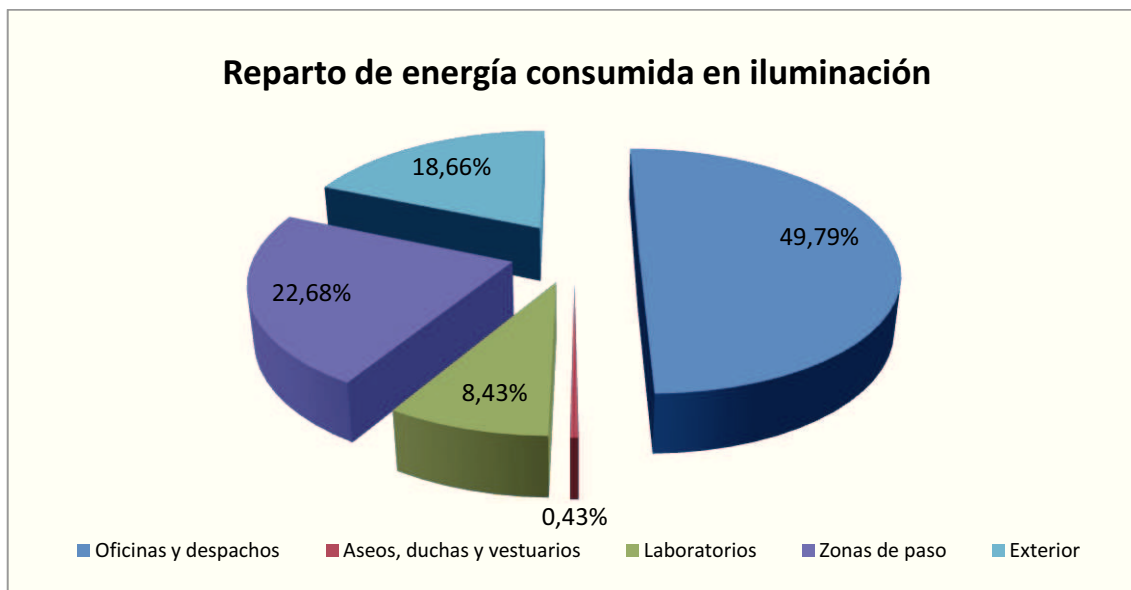


Figura 10. Desglose del consumo eléctrico de iluminación por zonas.

3.2.1.2 Instalación de ofimática.

Para la instalación de ofimática se ha procedido de la misma forma que con el sistema de iluminación. Se ha tomado el inventario de equipos presentado en la descripción de esta instalación y se han estimado las horas de funcionamiento al año, correspondientes a la duración de la jornada laboral en el edificio durante los días laborales del año.

En la tabla siguiente se resume este consumo:

Área	Potencia Total (W)	Energía consumida (kWh/año)
Eficiencia	1.255	2.479
Sociedad	990	1.956
Formación	100	197
Térmica	780	1.541
Conserjería	170	335
Administración	1.120	2.213
	90	177
IER	1.610	1.837
Recursos	1.870	3.695
UIP	1.100	2.173
Dirección	205	405
Informática	580	1.146
TOTAL	9.870	18.159

Tabla 4. Desglose del consumo eléctrico de ofimática.

En el área de Integración de Energías Renovables (IER), se ha omitido el consumo de los equipos ofimáticos existentes en el Laboratorio IER, puesto que ya se incluye en el consumo global de este laboratorio, medido con el analizador de redes, tal y como se explica en el apartado correspondiente (3.2.1.4).

Además, tal y como se adelantaba en la descripción del sistema de ofimática, el analizador de redes de los servidores indicaba una potencia media demandada de 4,5 kW. Por tanto, asumiendo que los servidores funcionan 8760 horas/año, se tiene un consumo de 39.420 kWh/año. Finalmente, se obtiene un consumo total en electricidad para la instalación de ofimática de **57.579 kWh/año**.

3.2.1.3 Instalación de aire acondicionado.

Los consumos eléctricos relativos al sistema de refrigeración se han obtenido a partir de las curvas de carga presentadas en la descripción de la instalación.

Para la extrapolación de estos datos al período de refrigeración completo (del 15 de Junio al 10 de Septiembre) se ha establecido una correlación entre el consumo del sistema de aire acondicionado y la temperatura media exterior para cada día del período del que se disponen medidas (del 18/06/2013 al 07/07/2013). En los siguientes gráficos se muestra la evolución paralela de este consumo y de la temperatura exterior de la zona²:

² Temperaturas obtenidas de ARAMET, Asociación Meteorológica de Aragón, para la ciudad de Zaragoza.

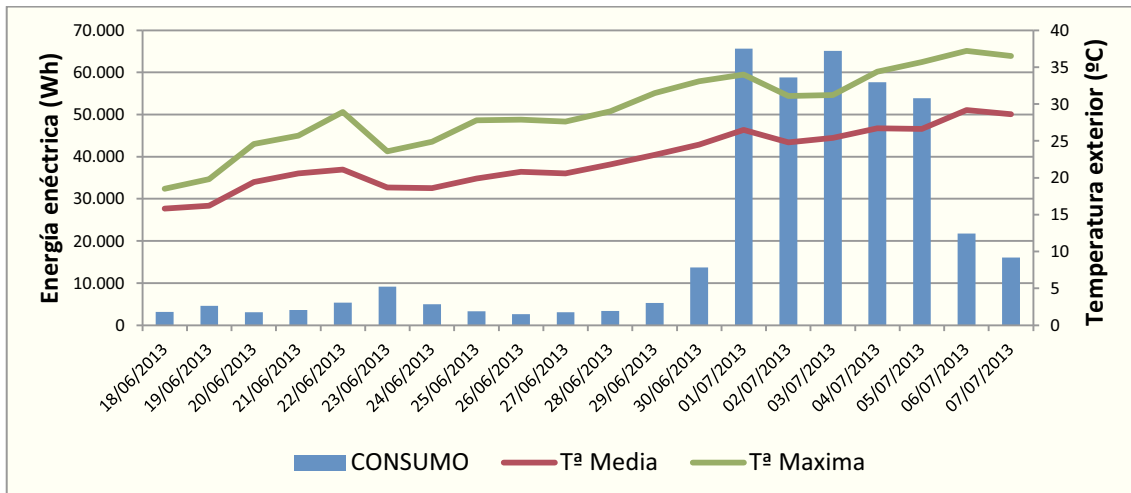


Figura 11. Evolución del consumo medido en el cuadro principal de refrigeración y de la temperatura exterior.

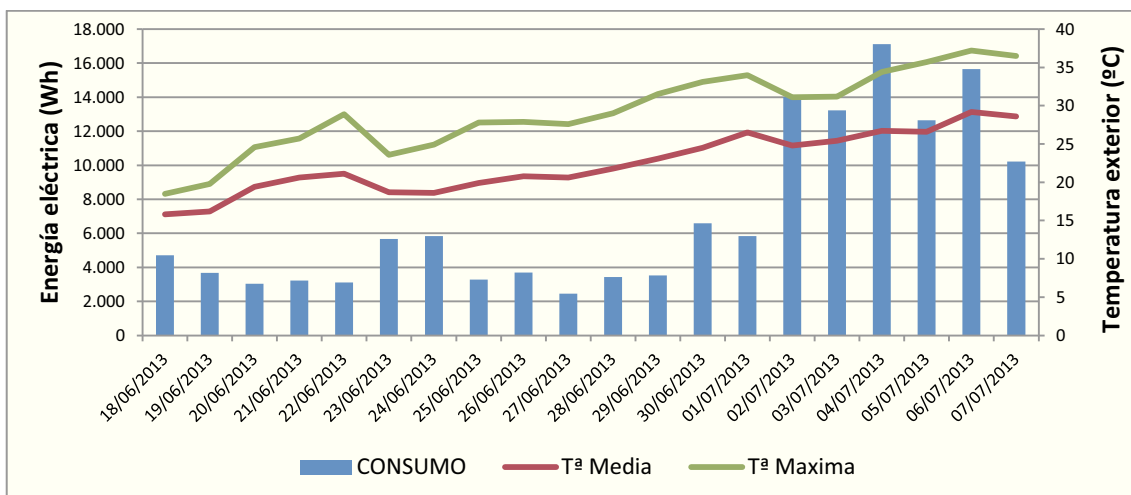


Figura 12. Evolución del consumo medido en el cuadro secundario de refrigeración y de la temperatura exterior.

Para el cálculo de la correlación citada, se han unificado los consumos del cuadro principal y del cuadro secundario. Además, se ha aislado el consumo de los fines de semana, obteniendo un consumo promedio para días festivos, de manera que la correlación únicamente tiene en cuenta los días laborables.

La correlación obtenida, la cual se presenta en la *figura 13*, corresponde a una ecuación polinómica de segundo grado, es decir, una parábola. Solamente es válida para valores de temperatura superiores a los 17,93 °C (punto mínimo de la parábola), puesto que sólo tiene validez física la parte creciente de la curva: a mayor temperatura exterior, mayor consumo en refrigeración.

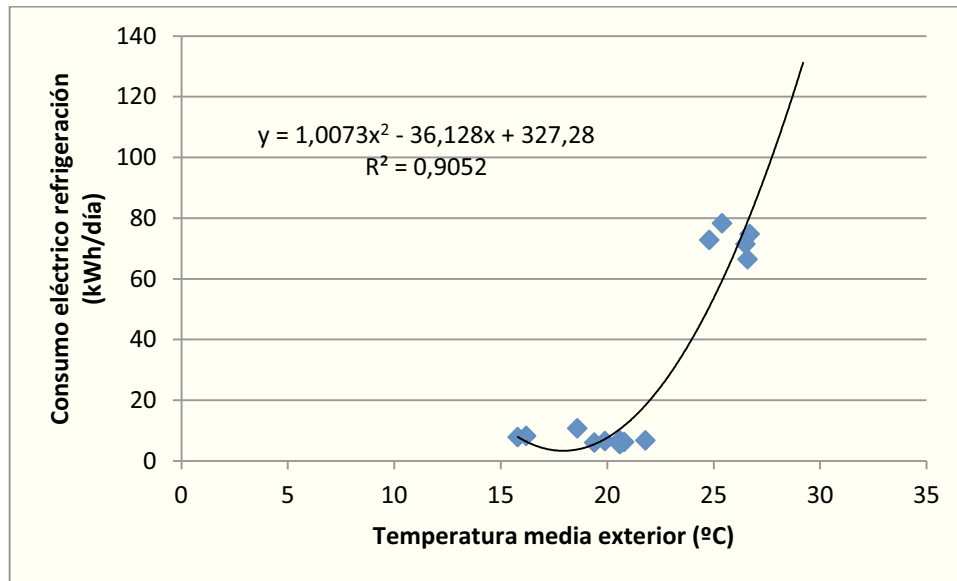


Figura 13. Correlación entre el consumo eléctrico en refrigeración y la temperatura exterior media.

El parámetro R^2 , que nos da información sobre la calidad de la correlación, alcanza un valor de 0,905, muy próximo a la unidad, por lo que la correlación es buena.

Para calcular el consumo de aire acondicionado durante el año 2012, se ha aplicado la ecuación anterior al período de refrigeración de ese año. Introduciendo la temperatura media diaria de dicho período (obtenidas de la misma fuente antes indicada), se ha calculado el consumo diario de aire acondicionado para el período comprendido entre el 15 de Junio y el 10 de Septiembre de 2012.

Cabe destacar que la temperatura media mínima de ese período fue de 19 °C, superior a los 17,93 °C necesarios para poder utilizar la correlación propuesta, por lo que resulta válida para todo el período de refrigeración.

Finalmente, se presenta el consumo total de refrigeración para el año 2012 en la siguiente tabla:

Desglose consumo refrigeración (kWh)	
Consumo días laborables	5.306
Consumo días festivos	522
TOTAL	5.828

Tabla 5. Consumo de energía eléctrica en refrigeración.

3.2.1.4 Laboratorio IER.

Partiendo de los datos obtenidos del analizador de redes conectado al cuadro eléctrico correspondiente a este laboratorio, se ha obtenido su consumo diario de energía eléctrica durante el período analizado, el cual se muestra en la *figura 14*. Sólo se han representado los días para los cuales se tienen mediciones las 24 horas. Los días 22/06/2013 y 23/06/2013 corresponden al fin de semana.

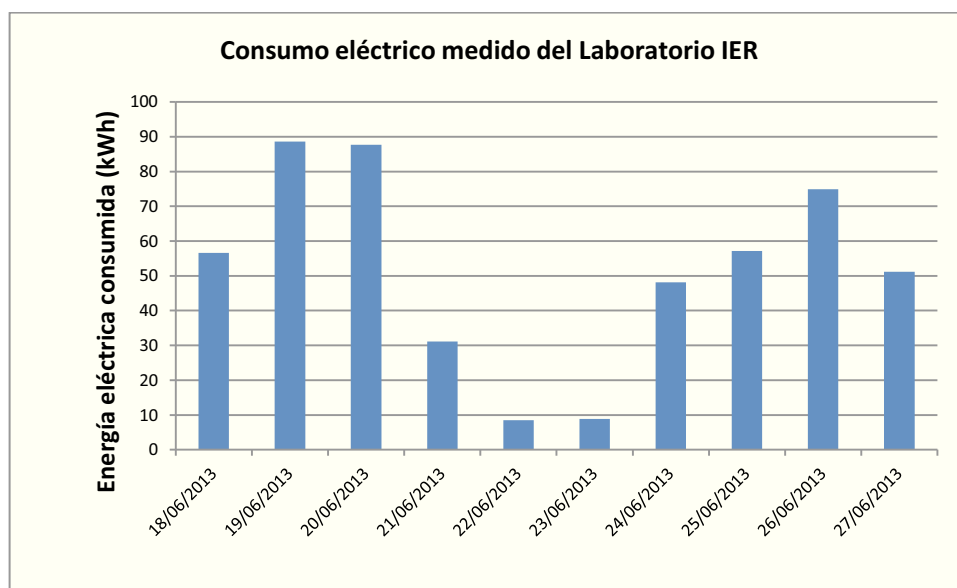


Figura 14. Medición del consume eléctrico del laboratorio IER.

Los consumos diarios promedios para un día normal y para el exceso debido a la realización de ensayos se presentan en la tabla siguiente.

Consumo promedio día normal (kWh)	48.849,33
Promedio del exceso por ensayos (kWh)	34.903,99

Tabla 6. Consumos diarios del laboratorio IER.

Para extrapolar estos resultados al año completo, se ha estimado que se realizan ensayos en el laboratorio un 25% de los días laborales, aproximación sugerida por el personal del propio laboratorio. Se ha obtenido el siguiente consumo anual:

Consumo eléctrico anual del laboratorio IER (kWh)	
Consumo anual sin pruebas	12.065
Aumento de consumo por pruebas	2.155
TOTAL	14.210

Tabla 7. Consumo de energía eléctrica del laboratorio IER.

3.2.1.5 Otros consumos.

Este apartado engloba los pequeños equipos eléctricos citados en la descripción de las instalaciones, tales como cargadores de móvil, ventiladores, flexos, etc.; los electrodomésticos del office y la fuente de la sala central. También se incluyen aquí las estufas eléctricas empleadas en los laboratorios, la bomba de agua de la fuente de la sala central, los dos termos eléctricos para producción de A.C.S. y el ascensor. Además, se consideran aquí también los

extractores de los aseos, biblioteca y sala de reuniones, junto con los aerotermos de los laboratorios.

3.2.1.6 Desglose total del consumo eléctrico.

Tras realizar la estimación del consumo eléctrico de cada instalación, se presenta en la siguiente tabla el desglose del consumo total de energía eléctrica en los diferentes usos significativos expuestos anteriormente:

CENTROS DE CONSUMO	CONSUMO (kWh/AÑO)	%
OFIMÁTICA	57.579	35,67%
ILUMINACIÓN	58.525	36,26%
REFRIGERACIÓN	5.828	3,61%
LABORATORIO IER	14.221	8,81%
OTROS	25.249	15,64%
TOTAL	161.402	100%

Tabla 8. Desglose del consumo eléctrico por usos significativos.

Se ofrece también una representación gráfica del porcentaje que representa cada instalación en el consumo total de electricidad:

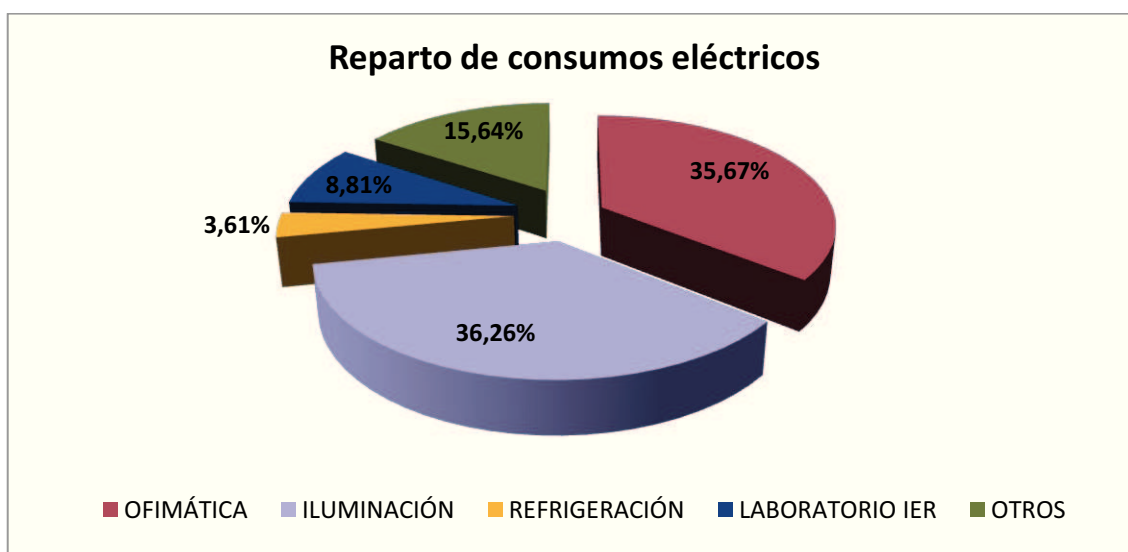


Figura 15. Reparto de consumos eléctricos.

Como se puede observar, las instalaciones que más contribuyen al consumo de electricidad son las de iluminación y ofimática, puesto que se trata de un edificio mayoritariamente compuesto por oficinas.

3.2.2 Consumo térmico (gas natural).

Como se ha indicado anteriormente, la evolución de este consumo sigue la demanda del sistema de calefacción, obteniendo consumos relevantes únicamente durante la temporada de invierno.

Sin embargo, el laboratorio de biomasa también participa en este consumo, dado que algunos de los ensayos que allí se realizan son consumidores de gas natural. A partir del

consumo de los meses de verano del año 2012, época durante la cual no se emplea la calefacción, se ha extrapolado el consumo anual de esta fuente de energía debido a las pruebas del laboratorio.

De esta manera, se obtiene un consumo mensual promedio de unos 400 kWh/mes en pruebas de laboratorio. Extrapolado a todo el año, el consumo asciende a unos 4.800 kWh/año. En la tabla siguiente se muestra el desglose del consumo de gas natural, y después se muestra la representación gráfica del porcentaje que representa cada uso en el consumo térmico total.

Desglose consumo gas natural (kWh)	
Calefacción	49.291
Laboratorio biomasa	4.833
TOTAL	54.124

Tabla 9. Desglose del consumo de gas natural por usos.

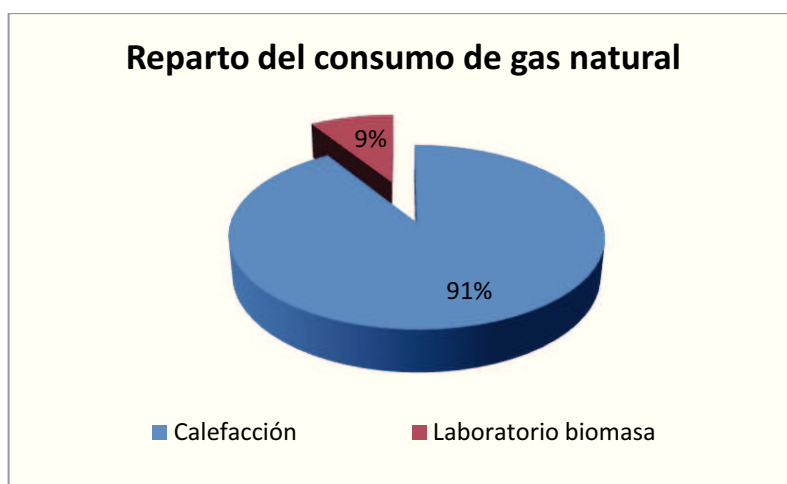


Figura 16. Reparto de consumos de gas natural.

3.2.3 Balance global de la energía.

Se ha establecido finalmente el reparto completo del consumo energético total del edificio (gas natural y electricidad) según los principales usos detectados. En la tabla siguiente se presentan los valores numéricos, mientras que en la *figura 17* se incluye el reparto porcentual en un gráfico.

CENTROS DE CONSUMO	CONSUMO (kWh/AÑO)	%
OFIMÁTICA	57.579	26,72%
ILUMINACIÓN	58.525	27,15%
REFRIGERACIÓN	5.829	2,70%
LABORATORIO IER	14.221	6,60%
CALEFACCIÓN	49.291	22,87%
LABORATORIO BIOMASA	4.833	2,24%
OTROS	25.249	11,71%
TOTAL	215.526	100,00%

Tabla 10. Resumen del consume energético total del edificio.

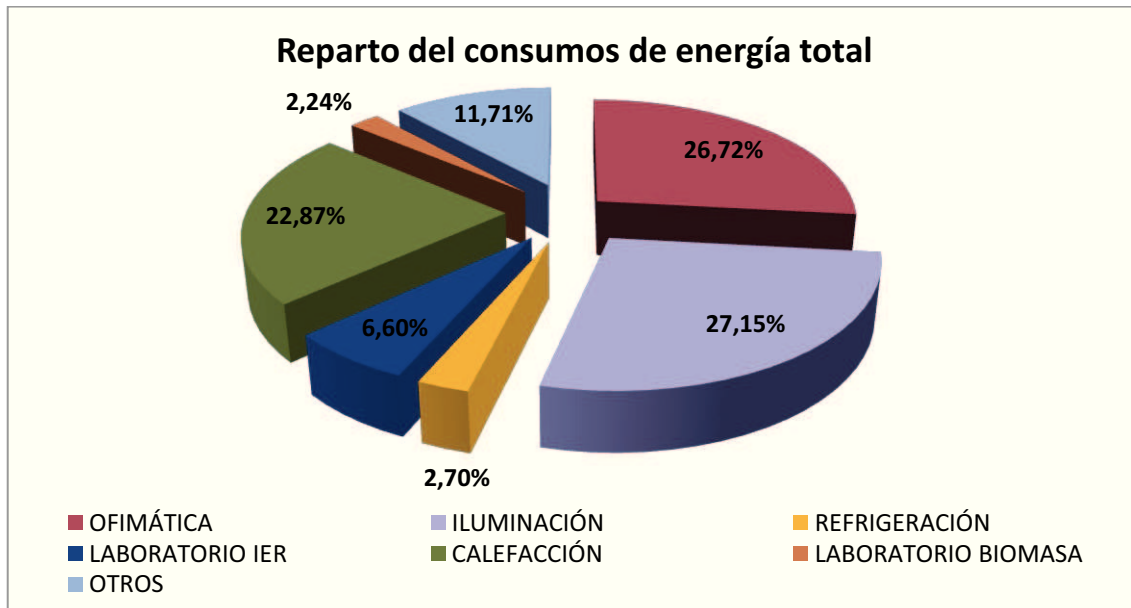


Figura 17. Reparto del consume de energía total por usos.

Atendiendo al porcentaje que representa cada uso de la energía respecto del consumo total, se puede ver que la calefacción representa casi un 23%. Continuando con la climatización, se tiene que la refrigeración supone casi un 3%.

Además de la calefacción, como ya se adelantaba anteriormente, existen dos grandes consumos en el edificio: la iluminación y la instalación de ofimática. Estos dos usos de la energía constituyen casi el 55% del consumo total del edificio. En cuanto al consumo de los laboratorios, se observa que entre los dos representan aproximadamente el 9%.

3.2.4 Identificación de usos significativos.

Los usos significativos de energía son aquellos que tienen un consumo sustancial de energía y/o que ofrecen un alto potencial de mejora en el desempeño. Como se ha indicado al comenzar el apartado, en el presente análisis se han identificado estos usos significativos en función de la porción que representa cada uno en el consumo total de la energía y, por tanto, en el coste anual.

Para ello, se ha elaborado un Diagrama de Pareto. Este consiste en graficar los diferentes usos de la energía, representando dos variables: el consumo en kWh de cada uno y el consumo porcentual acumulado. El resultado se muestra en la figura siguiente:

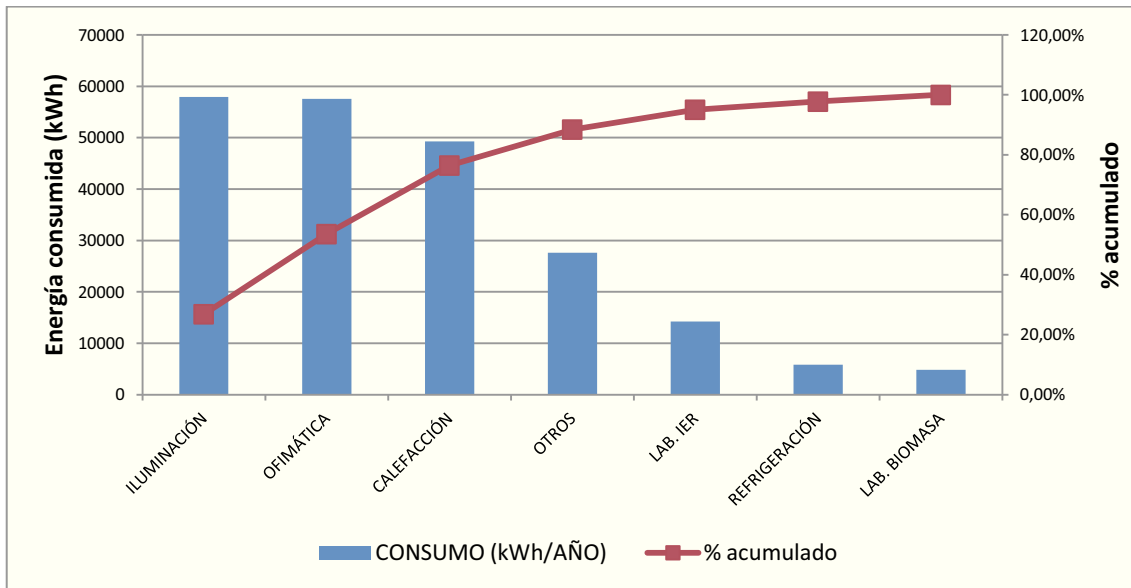


Figura 18. Diagrama de Pareto del consumo de energía del edificio.

Como se puede observar, los usos de iluminación, ofimática y calefacción (40% de los usos de la energía) representan aproximadamente un 80% del consumo total de energía del edificio. Por tanto, estos se consideran como usos significativos de la energía, y las medidas de ahorro energético (que se resumen en el apartado 4 del presente informe) estarán encaminadas principalmente a la reducción de estos consumos.

3.3 Curva de carga del edificio.

Se ha obtenido la curva de carga cuarto-horaria del edificio durante el año 2012, proporcionada por la empresa comercializadora de energía eléctrica.

A continuación, se presentan para su análisis las curvas de carga de un mes normal de trabajo, una semana estándar y por último la curva de potencia de una jornada laboral.

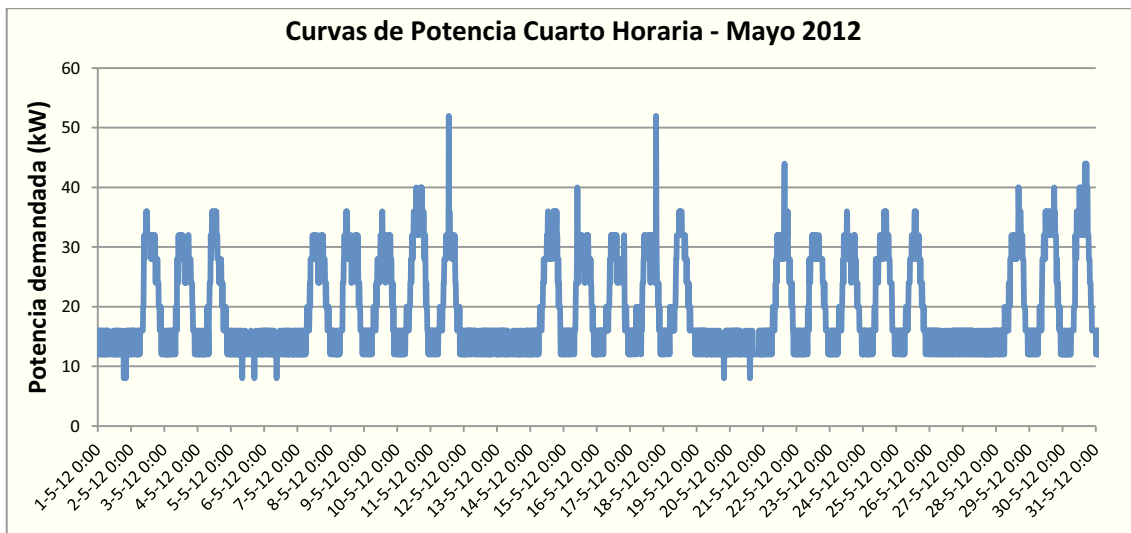


Figura 19. Curva de carga del mes de Mayo de 2012.

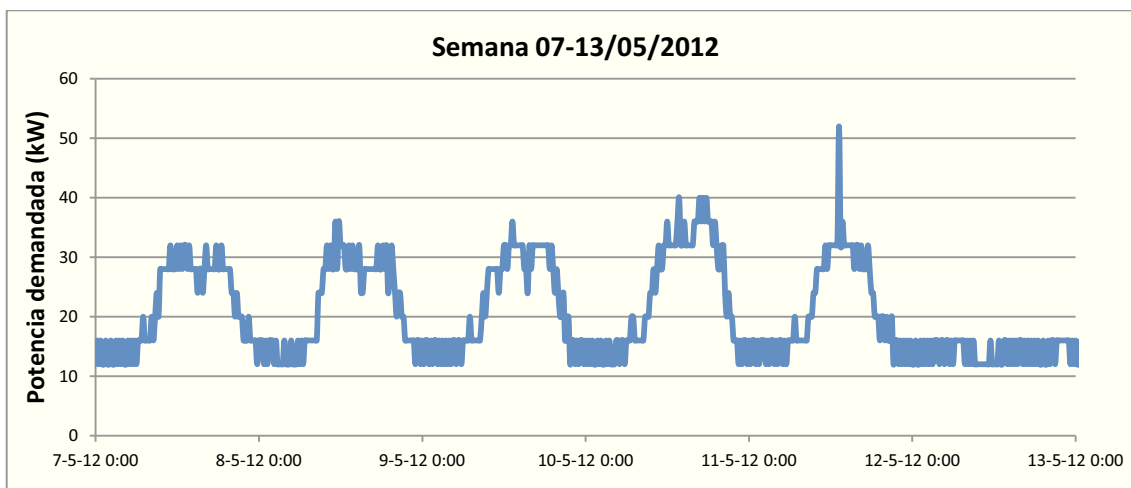


Figura 20. Curva de carga de una semana.

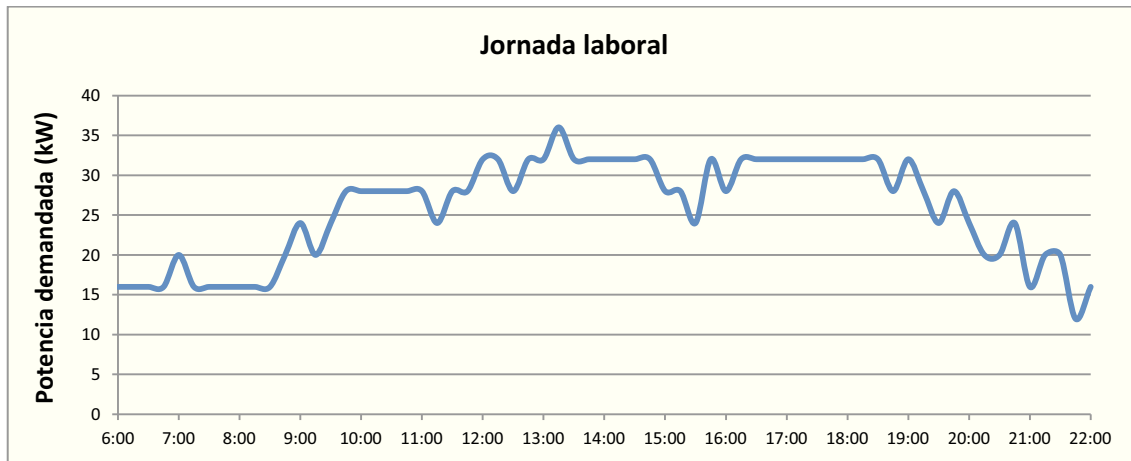


Figura 21. Curva de carga durante las horas de ocupación del edificio.

Del análisis de las curvas se extraen las siguientes conclusiones:

- El edificio presenta un consumo en *stand by* promedio de unos 14 kW. Esto se puede ver en la *figura 19*. Además, todas las semanas presentan un comportamiento semejante.
- Tal y como se observa en la *figura 20*, todos los días de la semana se comportan de forma similar.
- La demanda de potencia de un día de trabajo normal oscila aproximadamente entre los 16 y los 40 kW, como se aprecia en la *figura 21*. El pico de demanda diario se suele alcanzar en las horas centrales del día.

Además, la demanda máxima registrada para el año 2012 es de 92 kW, estando el resto de picos de potencia comprendidos entre los 50 y los 80 kW.

A partir de la curva de carga ha sido posible estimar la demanda de potencia del edificio en períodos de inactividad (*stand by*). Se ha obtenido una potencia demandada de unos 14 kW. Con este valor y la estimación de horas de inactividad al año, se ha obtenido el consumo en *stand by* del edificio, que asciende a 76.960 kWh/año. Este consumo representa un 48% del consumo eléctrico total anual.

La potencia en *stand by* obtenida se puede desglosar en los siguientes usos:

- Iluminación exterior: 2,3 kW.
- Iluminación fija Entrada Sur: 0,8 kW.
- Servidores informáticos: 4,5 kW.
- Otros: 6,4 kW.

En el apartado “otros” se incluye lo siguiente:

- El frigorífico que se encuentra en el office.
- La iluminación interior del ascensor, que permanece continuamente encendida.
- Equipos ofimáticos que pueden quedar encendidos al terminar la jornada laboral, como ordenadores, monitores, impresoras, etc.

3.4 Línea base energética.

En la Norma UNE-EN ISO 50001:2011 se establece la siguiente definición:

Línea de base energética: referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético.

- *Nota 1: Una línea de base energética refleja un período especificado.*
- *Nota 2: Una línea de base energética puede normalizarse utilizando variables que afecten al uso y/o al consumo de la energía, por ejemplo, nivel de producción, grados-día (temperatura exterior), etc.*
- *Nota 3: La línea de base energética también se utiliza para calcular los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético.*

Se debe establecer una línea base energética que represente el comportamiento energético actual de la organización y actúe como referencia en el momento de implementar el sistema de gestión de la energía, así como las oportunidades de mejora. Mediante la línea base se cuantificarán los impactos que esto traerá sobre el desempeño energético.

La utilidad de la línea base es la posibilidad de evaluar los avances o retrocesos de la organización en materia de desempeño energético, al comparar el escenario real con esta línea base.

Constituye un reflejo del escenario normal de la organización y, por tanto, si se producen variaciones considerables en la situación de la misma, será necesario redefinir o modificar la línea base para adaptarla a las nuevas condiciones.

A continuación, se detalla la metodología empleada para la elaboración de la línea base energética del edificio:

Recopilación de datos:

El punto de partida es la determinación del período de tiempo a considerar, que debe ser adecuado al uso y al consumo de energía de la organización. Se ha tomado como período de análisis el año 2012 completo.

Determinación de las variables que afectan al consumo de energía:

Se ha analizado separadamente la evolución de los consumos de electricidad y gas natural, con el objeto de definir qué variables son las que determinan el uso y consumo de la energía.

- Consumo de gas natural:

Como se ha explicado en el análisis de los consumos de energía, el gas natural se utiliza principalmente para la calefacción del edificio, aunque también pueda ser utilizado ocasionalmente en alguno de los ensayos que tienen lugar en el laboratorio de biomasa y co-combustión.

Por tanto, se ha planteado como variable relacionada con este consumo las condiciones climáticas exteriores, representadas por los grados-día de calefacción. Se trata de un indicador del grado de rigurosidad climática de un lugar, ya que relaciona la temperatura media con una

cierta temperatura de confort en el interior del edificio. Estos han sido calculados para los doce meses del año, con una temperatura interior de referencia de 21°C, siguiendo las indicaciones recogidas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de edificios (RITE). Los datos de temperatura han sido proporcionados por la Asociación Aragonesa de Meteorología (www.aramet.es) que recoge los datos de la estación meteorológica más cercana al edificio, localizada en Ranillas.

El siguiente gráfico muestra el comportamiento similar del consumo de gas y de la variable elegida para el año 2012.

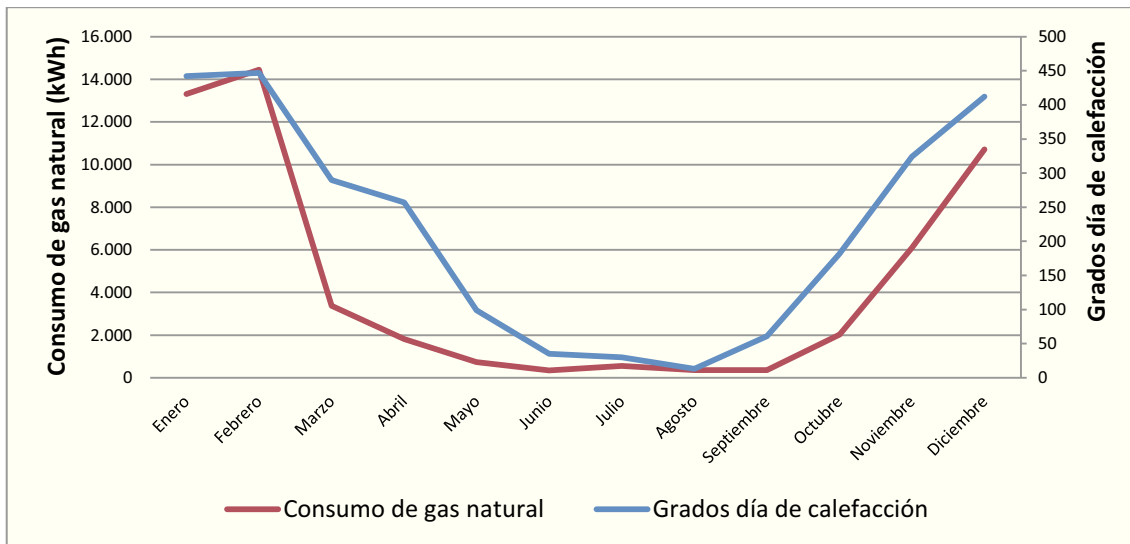


Figura 22. Evolución mensual del consumo de gas natural y de los grados-día de calefacción para el año 2012.

- Consumo de electricidad:

En el caso de la electricidad, este consumo depende de numerosas variables. No se trata de un edificio de oficinas habitual, en el que el consumo eléctrico depende fundamentalmente de las condiciones climáticas exteriores y de la actividad laboral; en este caso, el edificio también cuenta con laboratorios. En concreto, como se ha visto en este apartado, el laboratorio de Integración de Energías Renovables tiene gran importancia en el consumo eléctrico.

La demanda de electricidad, presentada en el análisis de los consumos de energía, resulta prácticamente constante a lo largo del año, con pequeñas variaciones entre los distintos meses. De entre las variables que ocasionan estas variaciones entre unos meses y otros se pueden destacar las siguientes:

- El número de días laborables al mes.
- El número de trabajadores promedio en el edificio cada mes.
- Las pruebas realizadas en el laboratorio de Integración de Energías Renovables, de las cuales no se dispone de un historial.
- La temperatura exterior, que influye en el consumo del sistema de refrigeración.

Por tanto, al existir tantas variables que influyen en esta demanda, ha sido imposible encontrar una correlación aceptable que relacione el consumo eléctrico del edificio con alguna

de ellas. Esto es debido a que no existe una única variable que condicione fuertemente la demanda de electricidad, sino que todas influyen de forma similar.

Además, atendiendo al consumo del sistema de aire acondicionado, se optó por distinguir entre los períodos de otoño-invierno (Octubre – Marzo) y primavera-verano (Abril – Septiembre), obteniendo dos líneas base distintas. Desafortunadamente, ninguno de los resultados obtenidos fue satisfactorio.

Representación de los datos y construcción de la línea base:

Una vez definidas las variables relacionadas con los consumos energéticos, se procede a graficar la pareja de datos variable-consumo en un diagrama de dispersión x-y. En el eje y se ubica la escala de consumo energético y en el eje x la escala de la variable seleccionada.

Se ha incluido una línea de regresión generada a partir de la correlación entre el consumo de energía y la variable en cuestión. A partir de esta línea de regresión, se obtiene la ecuación que más se ajusta al comportamiento de la relación entre la variable y el consumo.

Para la determinación de esta ecuación se utiliza el criterio general de los mínimos cuadrados, que significa que la suma de los cuadrados de las distancias verticales de los puntos a la línea de tendencia debe ser la mínima posible.

En la figura siguiente se presenta la línea base del consumo de gas natural, que corresponde a una exponencial:

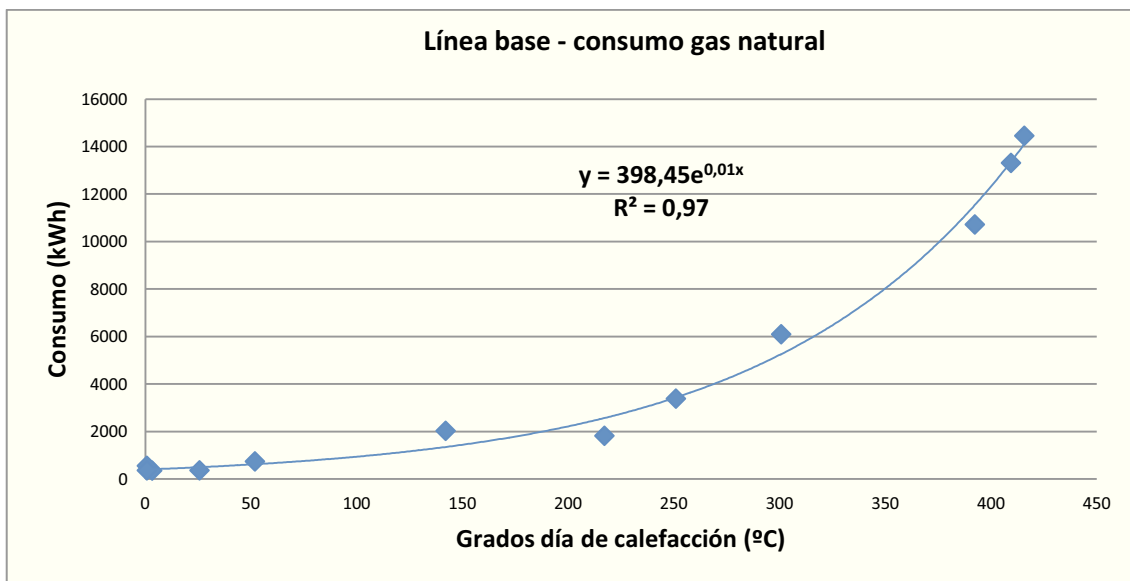


Figura 23. Línea base para el consumo de gas natural.

Como se ha indicado en apartados anteriores, el parámetro R^2 nos da información sobre la calidad de la correlación entre el consumo de energía y la variable elegida. La correlación presenta un valor de R^2 de 0,97. Por lo tanto, se puede afirmar que la correlación obtenida es buena.

3.5 Indicadores de desempeño energético.

Una vez desarrollada la línea base energética del edificio, se procede a la determinación de los indicadores de desempeño energético (IDEns).

En la Norma UNE-EN ISO 50001:2011 se establece la siguiente definición: “un *indicador de desempeño energético* es un valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización.”

Resulta necesario identificar los IDEns apropiados para poder realizar el seguimiento y la medición del desempeño energético de una forma adecuada. Además, los IDEns serán revisados y comparados con la línea de base energética de forma apropiada.

Estos indicadores se actualizarán cuando se produzcan cambios en las actividades desarrolladas o en las líneas de base que afecten de forma significativa.

Determinación de los indicadores de desempeño energético:

Se procede a calcular un IDEn para cada uno de los usos significativos de la energía detectados previamente. Estos son: iluminación, ofimática y calefacción.

- **Iluminación** ($\text{kWh}_{\text{ilu}}/\text{m}^2$): establecido como el consumo eléctrico en iluminación por cada metro cuadrado iluminado.
Para calcularlo se necesita, por tanto, el consumo eléctrico anual de la instalación de iluminación. Dicho consumo ha sido estimado a partir del inventario de equipos de iluminación y la estimación de las horas de funcionamiento. Ha sido presentado anteriormente en el apartado 3.2 Identificación de los usos de la energía y asciende a aproximadamente 58.525 kWh/año. Toda la superficie útil del edificio (1.743 m^2) es superficie iluminada.
- **Ofimática** ($\text{kWh}_{\text{ofi}}/\text{n}^{\circ}$ trabajadores): establecido como el consumo eléctrico en ofimática por cada trabajador en el edificio. El consumo eléctrico anual de la instalación de ofimática ha sido obtenido de forma similar al de iluminación. Presenta un consumo de 57.579 kWh/año. Se ha considerado un promedio de 103 trabajadores durante el período de análisis (año 2012).
- **Calefacción**: consumo de gas natural para calefacción por cada metro cuadrado calefactado y grado día de calefacción.

Para obtener el consumo de gas natural en calefacción, tal y como se ha explicado previamente, se ha descontado la estimación del consumo del laboratorio de biomasa (aproximadamente un 9% en 2012) del consumo total de gas natural. Se tiene un consumo en calefacción de 49.291 kWh/año.

Asimismo, para posteriores actualizaciones de los indicadores de desempeño energético, se deberá estimar el consumo de gas natural del laboratorio de biomasa para obtener el consumo para calefacción del edificio. En caso de no ser posible dicha estimación, se considerará que un 10% del consumo total de gas natural se debe a los ensayos en el laboratorio de biomasa.

Los grados día de calefacción (con una temperatura han sido obtenidos de ARAMET, Asociación Aragonesa de Meteorología, al igual que para el cálculo de la línea base del

consumo de gas natural. Asimismo, se ha considerado una temperatura interior de referencia de 21°C. Toda la superficie útil del edificio (1.743 m²) es superficie calefactada.

- **Indicador general:**

Además de los anteriores, atendiendo a la actividad que realiza el instituto CIRCE, se plantea también el cálculo de un indicador general: consumo de energía por cada euro facturado.

En la tabla que se incluye a continuación, se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los Indicadores de desempeño energético que se acaban de describir:

INDICADORES ENERGÉTICOS	
Iluminación (kWh/m ² iluminado)	33,58
Ofimática (kWh/nº trabajadores)	559,02
Calefacción (kWh/m ² calefactado·grados día calefacción)	0,0109
General (kWh/€ facturado)	0,0313
Datos Generales:	
Nº de trabajadores : 103 personas	
Superficie útil: 1.743 m ²	
Facturación anual (2012): 6.880.469 €	
Consumo energético (2012): 215.526 kWh	
Coste energético (2012): 38.679 €	

Tabla 11. Indicadores de desempeño energético.

A la vista de estos valores, se puede comprobar que el coste anual de la energía no supone más que el 0,56% de los ingresos anuales de CIRCE, evidencia del buen desempeño energético del edificio.

4. MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO.

Se han elaborado diferentes propuestas de mejoras energéticas referentes a los consumos energéticos, clasificadas por centro de consumo y detallando en los casos que sea posible su análisis energético-económico, así como el coste de implementación.

El coste asociado a cada medida propuesta se ha calculado a partir de los precios de catálogo de los respectivos fabricantes, así como por la petición de presupuestos a diferentes almacenes de distribución. Debido a los diferentes porcentajes de descuento estos precios deben ser tomados como orientativos y en cualquier caso requieren de una revisión mediante un presupuesto cerrado por parte de los responsables de compra para cada una de las medidas.

El coste indicado sólo incluye los equipos necesarios, no incluyendo mano de obra, desplazamiento, o pequeño material eléctrico necesario. El coste energético se ha calculado a partir del precio del kWh para los periodos punta y llano donde se realiza el consumo de energía de las medidas propuestas. El precio estimado se ha establecido en 0,15 €/kWh en el caso de medidas con ahorros de energía en periodos de horario de trabajo y de 0,08 €/kWh en el caso de periodos fuera del horario laboral, principalmente horas valle.

Además, para las valoraciones económicas de las distintas propuestas se ha calculado el comportamiento de la instalación actual y la propuesta durante un período de 10 años, por ser este el período de vida útil de los equipos planteados, teniendo presente la evolución del IPC (eléctrico del 5% y general del 2%) con el fin de ajustarse al ahorro real de la instalación.

Los indicadores económicos calculados son la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y el Período de Recuperación (Pay back). Para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se ha considerado una tasa de actualización del 10%.

Se han nombrado como *MAE* las medidas de ahorro energético propiamente dichas, y como *RE* aquellas que son recomendaciones.

Se presentan a continuación, resumidas en tablas, las medidas que en el Anexo 3 han sido expuestas y justificadas. Al igual que en dicho anexo, se van a dividir en varios grupos dependiendo de la instalación a la que se refieren.

Revisión Energética Edificio CIRCE- Listado de Medidas de Ahorro Identificadas										
TIPO	CÓDIGO	PROPUESTA DE AHORRO	INVERSIÓN (€)	AHORRO ENERGÉTICO ANUAL (kWh/año)	AHORRO ECONÓMICO (€/año)	AHORRO DE EMISIONES (kgCO ₂ /año)	TIR	VAN (€)	PAY-BACK	
ILUMINACIÓN	1.MAE - IL	Sustitución de lámparas fluorescentes tubulares T8 a tecnología LED	10.000	19.615	2.942	5.884	31%	11.890	3,4	Excluyentes
		Sustitución de luminarias de fluorescentes tubulares T8 a tecnología LED	50.470	45.233	7.273	13.570	11%	3.240	6,9	
	2.MAE - IL	Sustitución de luminarias downlight por luminarias de tecnología LED	2.687	4.900	930	1.470	37%	4.071	2,9	Excluyentes
		Sustitución de luminarias downlight por luminarias de tecnología LED con sistema de control	16.794	7.340	1.292	2.202	-1%	-7.337	13	
	3.MAE - IL	Sustitución de luminarias halógenas por luminarias de tecnología LED	1.058	206	45	62	-11%	-748	23,5	Excluyentes
	4.MAE - IL	Regulación de la iluminación en función de la presencia. (Tecnología LED)	2.880	663	99	199	-12%	-2.141	29,1	
		Regulación de la iluminación en función de la presencia. (Tecnología actual)	2.880	2.710	407	813	11%	144	7	
	5.MAE - IL	Sectorización de iluminación por despachos. (Tecnología LED)	1.920	3.556	533	1.067	53%	5.040	3,6	Excluyentes
		Sectorización de iluminación por despachos. (Tecnología actual)	1.920	7.261	1.089	2.178	61%	6.183	1,8	
		Sistema de iluminación individual. (Tecnología LED)	3.840	5.483	822	1.645	21%	2.279	4,5	Excluyentes
		Sistema de iluminación individual. (Tecnología actual)	3.840	13.041	1.956	3.912	55%	10.713	2	
	6.MAE - IL	Control del encendido y apagado de iluminación exterior	50	782	63	235	131%	419	0,8	

Revisión Energética Edificio CIRCE- Listado de Medidas de Ahorro Identificadas									
TIPO	CÓDIGO	PROPUESTA DE AHORRO	INVERSIÓN (€)	AHORRO ENERGÉTICO ANUAL (kWh/año)	AHORRO ECONÓMICO (€/año)	AHORRO DE EMISIONES (kgCO ₂ /año)	TIR	VAN (€)	PAY-BACK
CLIMATIZACIÓN	1.MAE-HVAC	Control automático de toldos	300	291	44	87	12%	25	6,9
	2.MAE-HVAC	Control de temperaturas de consigna máximas y mínimas. Únicamente refrigeración	0	466	70	140	-	-	-
	3.MAE-HVAC	Control automático de encendido y <i>stand by</i> (días laborales). Únicamente refrigeración	50	2.210	177	663	359%	1.267	0,3
		Control automático de encendido y <i>stand by</i> (días festivos). Únicamente refrigeración	50	522	42	157	88%	261	1,2
	1. RE-HVAC	Mejoras manto vegetal	-	-	-	-	-	-	-
OFIMÁTICA	1. MAE-OF	Disminución consumo energético <i>stand by</i>	1.120	2.730	220	820	19%	505	2,5
	1. RE-OF	Adquisición de equipos más eficientes.	-	-	-	-	-	-	-
OTRO EQUIPOS ELÉCTRICOS	1. MAE-OEE	Disminución consumo energético ascensores	120	395	60	119	54%	326	2
	1. RE-OEE	Disminución consumo equipos office	-	-	-	-	-	-	-
GESTIÓN DE CONSUMOS	1. MAE-GE	Monitorización y control de consumos	1.900	6.500	1.000	1.950	55%	5.354	1,9
	2. MAE-GE	Revisión del protocolo de buenas prácticas	900	5.400	475	1.100	57%	2.365	1,9
FACTURACIÓN	1.MAE-EN	Optimización de potencia contratada	0	-	4.470	-	-	-	-
MEDIDAS SINGULARES	1.MAE - MS	Colocación paneles FV en la cubierta	5.800	7.580	1.137	2.274	-	-	5,1

Tabla 12. Tabla resumen de medidas de ahorro energético.

5. CONCLUSIONES.

El presente proyecto surgió de la necesidad del Instituto de Investigación mixto CIRCE, de la Universidad de Zaragoza, de llevar a cabo una auditoría energética de su edificio sede. Dicha revisión energética constituye un punto indispensable en la implantación de la norma UNE-EN ISO 50001:2011, Sistemas de gestión de la energía, proceso en el cual se encuentra el edificio CIRCE.

El estudio ha sido llevado a cabo siguiendo las pautas establecidas en las normas UNE 216501 y UNE-EN 16247-1, que establecen los requisitos en la elaboración de auditorías energéticas.

En primer lugar, se ha llevado a cabo una recopilación de datos de las distintas instalaciones y sistemas consumidores de energía presentes en el edificio. Dicha adquisición de información se ha realizado mediante el análisis de la facturación del edificio, a través de un programa de mediciones o mediante el inventario de los equipos pertinentes, dependiendo de la instalación en cuestión.

A partir de los datos recopilados, se ha determinado el desempeño energético actual de la organización, obteniendo el porcentaje de consumo de cada instalación respecto del total del edificio. Tras analizar el desglose por centros de consumos, se han identificado los usos significativos de la energía, es decir, aquellos que presentan un consumo sustancial de energía y/o que ofrecen un alto potencial de mejora en el desempeño.

Una vez conocida la situación energética actual del edificio, se ha procedido al cálculo de las líneas base de electricidad y gas natural, así como los indicadores de desempeño energético. Para la línea base de gas natural, se ha relacionado dicha demanda con la climatología exterior, obteniendo una correlación muy buena. En cuanto a la línea base de electricidad, no se ha podido determinar una variable que proporcione una correlación aceptable con la demanda eléctrica, ya que son muchas las variables que influyen en ese consumo.

Por su parte, se han calculado sendos indicadores de desempeño energético relacionados con los sistemas de iluminación, ofimática y calefacción, que constituyen los usos significativos de la energía, así como un indicador general, relacionado con la facturación anual de la Fundación CIRCE. Mediante estas herramientas, que se deberán actualizar periódicamente, será posible estimar el uso y consumo futuro de energía.

Finalmente, se ha llevado a cabo una labor de identificación de ineficiencias, seguida de una evaluación y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético, principalmente enfocadas a los usos significativos determinados. Estas medidas de ahorro energético permitirán establecer una serie de objetivos energéticos y metas que configuren el plan de acción para la gestión energética de la organización.

BIBLIOGRAFÍA.

ARAMET. ASOCIACIÓN ARAGONESA DE METEOROLOGÍA, <http://www.aramet.es/>.

CIRCUTOR, *Catálogo de equipos de monitorización de consumos*, <http://circutor.es/>.

CÍREZ, F., ORTEGO, A., *Estudio de implementación de energía fotovoltaica en el edificio CIRCE*, febrero de 2013.

IDAE. MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO, *Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020*, Madrid, 2011.

ARANDA, A., ZABALZA, I., DÍAZ, S., y LLERA, E., *Eficiencia energética en instalaciones y equipamiento de edificios*, Universidad de Zaragoza, Colección de Textos Docentes, nº 177, ISBN: 978-84-92774-96-8, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010.

GOBIERNO DE ARAGON. DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE, *Atlas climático de Aragón*, <http://anciles.aragon.es/AtlasClimatico/>.

JEBENS-ZIRKEL, P., *Proyecto de ejecución del Edificio CIRCE*, 2006.

LEGRAND, *Catálogo de productos*, <http://www.legrand.es/>.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO, *Real Decreto 88/2013, de 8 de febrero, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria AEM 1 "Ascensores" del Reglamento de aparatos de elevación y mantenimiento, aprobado por Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre*, BOE nº 46, de 22/02/2013.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO, *Orden ITC/3801/2008, de 26 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir de 1 de enero de 2009*, BOE nº 315, de 31/12/2008.

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, *Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios*, BOE Nº186, DE 05/08/1998.

– , *Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*, BOE nº 207, de 29/08/2007.

MINISTERIO DE LA VIVIENDA, *Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre normativa de la edificación*, BOE Nº 163, DE 09/07/1977.

– , *Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba La Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios*, BOE nº 253, DE 22/10/79.

– , *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*, BOE nº 74, de 28/03/2006.

PHILIPS, *Catálogo de luminarias*, <http://www.lighting.philips.es/>.

RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA, *Informe anual 2012*, <http://www.ree.es/es/>.

UNE 216501, *Requisitos de las auditorías energéticas*, 2009.

UNE-EN ISO 50001, *Sistemas de gestión de la energía*, 2011.

UNE-EN 16247, *Auditorías energéticas*, 2012.

SUBLIMEX TUBULAR MOTORS, *Catálogo de productos*, <http://www.sublimexmotors.com/es/>.

ANEXOS

Índice de anexos

ANEXO 1: SUPERFICIES ÚTILES DEL EDIFICIO.....	5
ANEXO 2: RECOPIACIÓN DE DATOS DEL EDIFICIO.....	7
2.1 Sistema de iluminación.	7
2.2 Sistemas de climatización y ventilación.	15
2.3 La envolvente del edificio.....	20
2.4 Laboratorios.	21
2.5 Sistemas de ofimática.	25
ANEXO 3: INEFICIENCIAS OBSERVADAS, ACCIONES DE MEJORA Y ESTIMACIÓN DE AHORRO.....	27
3.1 Medidas de ahorro energético en iluminación.	27
3.2 Medidas de ahorro energético en climatización.....	45
3.3 Medidas de ahorro energético en ofimática.....	53
3.4 Medidas de ahorro energético en resto de equipos eléctricos.	57
3.5 Medidas de gestión de consumos.....	60
3.6 Medidas de ahorro energético en facturación.	65
3.7 Medidas de ahorro energético singulares.	69

Índice de figuras:

<i>Figura 1. Desglose de potencia instalada en iluminación.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Datos del analizador de redes conectado en el cuadro principal de refrigeración.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3. Datos del analizador de redes conectado en el cuadro secundario de refrigeración. .</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Evolución de la temperatura exterior en Zaragoza durante el período de medición...</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5. Evolución de la demanda de potencia durante una semana.</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6. Evolución de la demanda de potencia durante un día laboral.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7. Evolución de la demanda de potencia durante el fin de semana.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8. Ficha justificativa del cálculo del indicador K_G según la norma NBE-CT-79.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9. Datos del analizador de redes del laboratorio IER.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10. Gráfica comparativa entre el “horario solar” y el horario laboral aproximado.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 11. Diferencias entre programado y orto y ocaso real.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 12. Ejemplo del equipo de control automático de toldos.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 13. Gráfica comparativa entre temperatura media exterior y temperatura de confort marcada por el R.I.T.E.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 14. Interpretación de la etiqueta energética.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 15. Gráfica anual de demanda y facturación de potencia eléctrica.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 16. Dimensiones características del perfil IPE 120.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 17. Estructura 1 para soporte de módulos fotovoltaicos.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 18. Estructura 2 para soporte de módulos fotovoltaicos.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 19. Esquema de ubicación de la cimentación para las estructuras.</i>	<i>73</i>

Índice de imágenes:

<i>Imagen 1. Iluminación de despachos y oficinas.</i>	<i>7</i>
<i>Imagen 2. Derecha: aseo sin luz natural. Izquierda: aseo con luz natural.</i>	<i>8</i>
<i>Imagen 3. Laboratorio de biomasa y laboratorio de Integración de Energías Renovables.</i>	<i>9</i>
<i>Imagen 4. Derecha: pasillo oeste. Izquierda: pasillo este. Sensor de proximidad.....</i>	<i>10</i>
<i>Imagen 5. Entrada sur.</i>	<i>10</i>
<i>Imagen 6. Cúpula central.</i>	<i>11</i>
<i>Imagen 7. Sistema de iluminación individual por puesto de trabajo.</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 8. Imagen de los toldos a controlar.....</i>	<i>45</i>
<i>Imagen 9. Regletas con interruptor: izquierda – con filtro de red; derecha – sin filtro de red. ..</i>	<i>53</i>
<i>Imagen 10. Analizador de redes modelo CVM-Mini.....</i>	<i>61</i>
<i>Imagen11. Efficiency Data Server (EDS).</i>	<i>62</i>

Índice de tablas:

<i>Tabla 1. Superficies útiles del edificio.</i>	6
<i>Tabla 2. Horas de encendido de la iluminación exterior.</i>	12
<i>Tabla 3. Inventario de iluminación del edificio.</i>	14
<i>Tabla 4. Potencia eléctrica instalada en el laboratorio de biomasa.</i>	21
<i>Tabla 5. Potencia de gas instalada en el laboratorio de biomasa.</i>	22
<i>Tabla 6. Consumos de electricidad y gas del laboratorio de biomasa.</i>	22
<i>Tabla 7. Inventario de equipos del laboratorio IER.</i>	23
<i>Tabla 8. Resumen del inventario de equipos ofimáticos.</i>	26
<i>Tabla 9. Consumo actual del edificio debido al sistema de iluminación tubular.</i>	28
<i>Tabla 10. Posibilidades de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas de tecnología LED.</i>	29
<i>Tabla 11. Propuesta de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED.</i>	29
<i>Tabla 12. Equipos a sustituir y nuevo sistema elegido para iluminación en despachos.</i>	30
<i>Tabla 13. Evaluación económica de la propuesta de sustitución de fluorescentes.</i>	31
<i>Tabla 14. Ahorros conseguidos con la sustitución de puntos de luz tipo downlight.</i>	32
<i>Tabla 15. Evaluación económica de la propuesta de sustitución de downlight.</i>	33
<i>Tabla 16. Evaluación económica sustitución downlight con sistema de control.</i>	34
<i>Tabla 17. Evaluación económica de la propuesta de sustitución de halógenas.</i>	37
<i>Tabla 18. Propuesta de regulación de la iluminación en función de la presencia.</i>	39
<i>Tabla 19. Situación actual de la iluminación en despachos y propuesta de iluminación LED.</i>	41
<i>Tabla 20. Características de ahorro con sectorización de iluminación en despachos.</i>	42
<i>Tabla 21. Características del sistema actual y propuesta LED.</i>	43
<i>Tabla 22. Características de la medida de iluminación individual.</i>	43
<i>Tabla 23. Horas de encendido/apagado iluminación exterior.</i>	44
<i>Tabla 24. Ahorros conseguidos con sistema de regulación de iluminación exterior.</i>	44
<i>Tabla 25. Ahorros conseguidos con sistema de control automático de toldos.</i>	46
<i>Tabla 26. Características de ahorro del sistema propuesto para refrigeración.</i>	48
<i>Tabla 27. Características del sistema propuesto para eliminar el consumo en stand by.</i>	50
<i>Tabla 28. Sistema propuesto para eliminar consumo stand by días no laborables.</i>	50
<i>Tabla 29. Ahorros en el consumo de ofimática.</i>	54
<i>Tabla 30. Tabla resumen de funciones de ahorro de energía en ordenadores.</i>	55
<i>Tabla 31. Características del sistema propuesto para el ascensor.</i>	57
<i>Tabla 32. Inversión sistema de monitorización de consumos.</i>	62
<i>Tabla 33. Ahorro con la incorporación de monitorización y control de consumos energéticos.</i>	63
<i>Tabla 34. Ahorro obtenido en calefacción siguiendo el manual de buenas prácticas.</i>	64
<i>Tabla 35. Desglose de facturación con contratación de potencia actual.</i>	65
<i>Tabla 36. Discriminación horaria – tres períodos.</i>	66
<i>Tabla 37. Desglose de facturación con contratación de potencia óptima.</i>	67
<i>Tabla 38. Valores de potencia a contratar propuestos.</i>	68
<i>Tabla 39. Facturación en término de potencia con valores de potencia propuestos.</i>	68
<i>Tabla 40. Radiación solar global media sobre la horizontal. kWh/m² día.</i>	69
<i>Tabla 41. Características técnicas de los paneles fotovoltaicos disponibles.</i>	70
<i>Tabla 42. Ahorro obtenido con el sistema fotovoltaico.</i>	74

ANEXO 1: SUPERFICIES ÚTILES DEL EDIFICIO.**PLANTA BAJA**

Sala	Superficie (m ²)
Almacén Biomasa	16,5
Almacén Común	19,18
Almacén Despachos	9,64
Almacén Instalaciones	11,74
Ascensor	3,21
Aseo Caballeros 1	4,54
Aseo Caballeros 2	4,67
Aseo Caballeros 3	4,92
Aseo Señoras 1	7,48
Aseo Señoras 2	4,42
Aseo Señoras 3	5,47
Chimenea solar	3,28
Consejería y Atención	10,84
Cuarto Limpieza	5,91
Cuarto de Cuadro General de Electricidad	14,07
Despacho 01	18,03
Despacho 02	17,86
Despacho 03	17,86
Despacho 04	17,86
Despacho 05	17,86
Despacho 06	17,86
Despacho 07	19,26
Despacho 08	30,22
Despacho 09	17,49
Despacho 10	18,43
Despacho 11	18,6
Distribuidor Norte	21,41
Entrada Este	18,24
Entrada Norte	6,52
Entrada Sur	45,93
Escalera Norte	18,35
Escalera Sur	6,61
Invernadero Este	13,09
Invernadero Oeste	13,09
Invernadero Sur	14,38
Laboratorio de I+D+i de integración de Energías Renovables	107,38
Laboratorio de I+D+i Biomasa y Co-combustión	162,39
Office	15,51
Pasillo Oeste	24,69
Sala Biblioteca CIRCE	36,3
Sala General de Eficiencia Energética	185,06

Sala Maquina Ascensor	4,46
Sala Reuniones	35,93
Sala de Calderas y Equipos Técnicos	20,03
Sala de Refrigeración	44,11
Secretaría 1	19,73
Secretaría 2	18,9
Vestíbulo Previo 1	4,03
Vestíbulo Previo 2	5,87
Vestíbulo Previo 3	3,19
Vestíbulo Previo 4	1,81
TOTAL PLANTA BAJA	1.220,99 m²

PLANTA PRIMERA

Sala	Superficie (m²)
Almacén común laboratorios	15,16
Ascensor	3,21
Aseo Caballeros 1	9,43
Aseo Señoras 1	8
Chimenea Solar	3,28
Cuarto Baterías	1,98
Cuarto Limpieza	4,49
Cuarto de Telecomunicaciones	13,04
Despacho 01	18,66
Despacho 02	17,98
Despacho 03	17,98
Despacho 04	17,99
Despacho 05	17,57
Despacho 06	37,97
Despacho 07	26,43
Despacho 08	37,97
Despacho 09	17,56
Despacho 10	17,98
Despacho 11	26,26
Distribuidor	19,96
Ducha y Vestuario Señoras	5,87
Ducha y Vestuario Caballeros	6,28
Escalera Sur	7,28
Galería - Distribuidor	46,68
Laboratorio Simulación y Control de Procesos	31,11
Pasillo y Escalera Norte	33,34
Sala Exposición	50,14
WC Caballeros 2	4,65
WC Señoras 2	4,65
TOTAL PLANTA PRIMERA	522,88 m²

Tabla 1. Superficies útiles del edificio.

ANEXO 2: RECOPIACIÓN DE DATOS DEL EDIFICIO.

2.1 Sistema de iluminación.

2.1.1 Sistema de iluminación de oficinas y despachos.

En este apartado, además de la iluminación de oficinas y despachos, tanto de planta baja como de planta primera, ubicadas en la zona del edificio con forma circular, se incluyen también los archivos y almacenes de planta baja, por disponer de luminarias semejantes.

En general, para la iluminación de esta zona se emplean luminarias abiertas que incorporan dos fluorescentes tubulares de 36 W, así como luminarias estancas con dos fluorescentes de 58W y balasto electromagnético, en ambos casos con una clasificación en cuanto a eficiencia energética B2. Predomina el uso de los fluorescentes de 36W, siendo los de 58 W utilizados solamente en los archivos y almacenes.

Dependiendo de la superficie de la sala, se disponen entre dos y seis luminarias, con encendido manual mediante un único interruptor de sala en la mayoría de los casos. Únicamente se cuenta con dos interruptores en cuatro de las dependencias con seis luminarias: la biblioteca y los tres despachos de la primera planta situados sobre la entrada sur del edificio.

Todos los despachos cuentan con luz natural, gracias a la ubicación de una ventana en cada uno de ellos. Sin embargo, esta ventana no es suficiente para aportar iluminación natural a todo el despacho, siendo necesario el uso de las luminarias durante prácticamente la totalidad de la jornada laboral. Solo se dispone de un interruptor en cada habitación, por lo cual no es posible encender solo la línea de luminarias más alejada de la ventana. De esta manera, permanecen todas las luminarias encendidas. En la siguiente imagen se muestra la iluminación característica de despachos y oficinas.



Imagen 1. Iluminación de despachos y oficinas.

El nivel de iluminación en este tipo de salas varía en función del aporte de luz natural y la proximidad del puesto de trabajo a una luminaria. Se han medido los siguientes valores:

- Oficinas con aporte de luz natural (la mayoría): entre 800 y 1.000 lux para los puestos de trabajo próximos a la ventana y entre 400 y 600 para el resto de zonas.
- Oficinas sin aporte de luz natural, como la biblioteca: entre 250 y 500 lux, dependiendo de la proximidad a las luminarias.

En conjunto, el total de lámparas instaladas en las salas descritas en este apartado es de 117 pantallas fluorescentes tubulares de 36 W y 10 pantallas fluorescentes estancas de 58 W, lo que en términos de potencia instalada (lámpara + equipo auxiliar) asciende a, aproximadamente, 12 kW.

2.1.2 Sistema de iluminación de aseos, duchas y vestuarios.

Para la iluminación de los aseos de todo el edificio se emplean lámparas incandescentes tipo halógenas de 50 W ubicadas en el techo. En función de la superficie del aseo, se han colocado entre una y cinco luminarias. Cuentan con luz natural los aseos situados en la entrada este del edificio y los situados en la primera planta del bloque de naves.

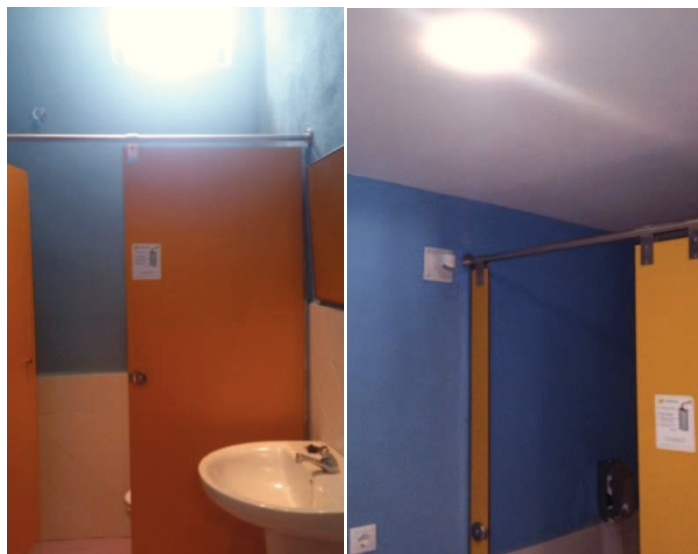


Imagen 2. Derecha: aseo sin luz natural. Izquierda: aseo con luz natural.

El encendido se realiza mediante sensores de proximidad. Para cada aseo, se ha colocado un sensor en la zona de lavabos y otro sensor en cada cabina sanitaria. En total, se encuentran instaladas 27 luminarias de este tipo, lo que supone una potencia de 1,35 kW.

En cuanto a los dos cuartos de duchas y vestuarios, ubicados en el bloque de laboratorios (planta primera), se iluminan con puntos de luz tipo downlight, formados por dos lámparas fluorescentes compactas de 26 W. Cada cuarto de ducha y vestuario cuenta con dos de estas luminarias y un sensor de proximidad para su encendido. Además, los dos cuartos cuentan con aporte de luz natural. La iluminación en el cuarto de limpieza se realiza de la misma manera, puesto que se trata de una habitación contigua a los dos cuartos de duchas y vestuarios y de dimensiones similares.

Para este tipo de estancias, los niveles de iluminación obtenidos varían de nuevo en función del aporte de luz natural, y también en función del tipo de luminaria. Se han medido valores entre 50 lux (aseo sin luz natural iluminado con lámparas incandescentes de 50 W) y 400 lux (cuarto de ducha y vestuario, con aporte de luz natural e iluminado mediante puntos de luz tipo downlight).

2.1.3 Sistema de iluminación de los laboratorios.

En el bloque de laboratorios la iluminación se realiza, en la mayor parte de los casos, mediante luminarias estancas que incorporan fluorescentes tubulares de 36 W y de 58 W, en luminarias de dos elementos y balasto electromagnético. Cada laboratorio cuenta con dos circuitos de iluminación, de manera que es posible encender únicamente una de las líneas de luminarias. Además, todos los laboratorios gozan de abundante luz natural. El nivel de iluminación media para los laboratorios es de 500 lux. También se incluye en este apartado la iluminación de la sala de caldera y refrigeración, pero para el estudio no se contabiliza ninguna hora de encendido al año, dado que su uso es esporádico.



Imagen 3. Laboratorio de biomasa y laboratorio de Integración de Energías Renovables.

En total, esta parte del edificio cuenta con 38 pantallas fluorescentes de 36 W y 13 pantallas fluorescentes de 58 W, lo que en términos de potencia instalada (lámpara + equipo auxiliar) asciende a, aproximadamente, 5,5 kW.

2.1.4 Sistema de iluminación de zonas de paso: pasillos, distribuidores y cúpula central.

En los pasillos que dan acceso a los despachos y oficinas (también en el pasillo de la primera planta del bloque de laboratorios) y las escaleras, la iluminación se lleva a cabo mediante apliques de pared con dos lámparas fluorescentes compactas de 18 W cada uno. El encendido se realiza mediante sensores que combinan el encendido por proximidad y nivel de iluminación.

Los pasillos de los despachos de la planta baja cuentan con luz natural, y desde el cuadro eléctrico de conserjería desconectan la iluminación de los mismos durante las horas de luz para evitar problemas con el sensor. La iluminación natural se consigue en el pasillo oeste mediante huecos o claraboyas practicadas en el techo, mientras que el pasillo este cuenta con un techo acristalado de 35,3 m², protegido mediante un toldo automático para las horas de mayor radiación en verano.



Imagen 4. Derecha: pasillo oeste. Izquierda: pasillo este. Sensor de proximidad.

En distribuidores, se incluyen las tres entradas del edificio (sur, este y norte), así como el distribuidor de la primera planta de la zona de despachos. En estas zonas se emplean puntos de luz tipo downlight, formados por dos lámparas fluorescentes compactas de 26 W.

Las luminarias de la entrada norte, así como el distribuidor de la primera planta, se encienden mediante sensor de proximidad. Sin embargo, para las luminarias de las entradas sur (entrada principal) y este, su encendido se controla desde el cuadro eléctrico de conserjería. En el caso de la entrada sur, estas permanecen siempre encendidas, ya que existe una cámara de seguridad en esa zona. Las de la entrada este, permanecen encendidas durante el horario de conserjería (de 8:00 de la mañana a 21:30 de la noche), y en ocasiones continúan encendidas durante la noche (para la estimación de horas de utilización se ha supuesto que se queda encendida por la noche un 10% de los días).



Imagen 5. Entrada sur.

Por su parte, la cúpula central cuenta con tres tipos distintos de luminarias:

- Lámparas fluorescentes compactas de 100 W, colgantes en el techo.
- Pantallas fluorescentes compactas de 36 W, con dos elementos cada una, también en el techo.
- Apliques de pared con dos lámparas fluorescentes compactas de 18 W cada uno, en las paredes laterales, tanto de planta baja como de planta primera.

Su encendido se controla desde el cuadro eléctrico de conserjería.



Imagen 6. Cúpula central.

Además, en la sala de la cúpula se ha habilitado un espacio de exposiciones, situado en debajo de la galería de planta primera, iluminado mediante puntos de luz tipo downlight, formados por dos lámparas fluorescentes compactas de 26 W. Están dispuestas en tres hileras de cuatro luminarias cada una, con un circuito eléctrico cada una (tres interruptores on/off).

Para esta zona del edificio se cuenta con una potencia instalada aproximada de 9 kW.

2.1.5 Sistema de iluminación exterior.

Para el sistema exterior se utilizan dos tipos de iluminación:

- Farolas de 80 W, ubicadas en las zonas próximas al edificio.
- Luminarias Indalux modelo *Quebec*, que incorporan luminarias fluorescentes compactas de 32 W, situadas en las paredes exteriores del edificio.

El encendido del alumbrado exterior se controla desde conserjería, mediante un interruptor automático con temporizador, de manera que se programa para que se encienda a una hora de la tarde y se apague a la mañana siguiente. Las horas de encendido y apagado dependen de la época del año, siendo aproximadamente las siguientes:

Época del año	Encendido	Apagado
Octubre - Abril	18:00	8:00
Mayo - Septiembre	20:00	7:00

Tabla 2. Horas de encendido de la iluminación exterior.

En total, para la iluminación exterior se tiene una potencia instalada de 2,3 kW.

2.1.6 Resumen del inventario de iluminación.

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos del inventario de los equipos de iluminación del edificio:

PLANTA PRIMERA									
TIPO ALUMBRADO	Zona	Altura (m)	Potencia de lámpara (W)	Nº elem / lámp.	Nº luminarias	Potencia sistema lámpara - balasto	Potencia total instalada (W)	Horas	Consumo Total anual (kWh/año)
FLUORESCENTE TUBULAR	Despachos	2,8	36	2	47	45	4.230	2.747	11.618
	Techo cúpula	4(P1) 7(PB)	36	2	17	45	1.530	96	147
	Laboratorio simul. y control procesos	2,8	36	2	4	45	360	2.747	989
	Almacén común laboratorios	2,8	36	2	2	45	180	48	9
	Cuarto de telecomunicaciones	2,8	58	2	2	73	290	48	14
	Subtotal Fluorescente Tubular				72		6.590		12.776
LÁMPARA INCANDESCENTE	Aseos - despachos	2,2	50	1	8	50	400	153	61
	Aseos - bloque laboratorios	3,2	50	1	4	50	200	153	31
	Subtotal Fluorescente Compacta				12		600		92
FLUORESCENTE COMPACTA (Downlight)	Duchas y vestuarios	2,3	18	2	5	20	200	153	31
	Pasillo bloque laboratorios	2,3	18	2	5	20	200	247	49
	Cuarto limpieza	2,3	18	2	2	20	80	153	12
	Distribuidor	3,2	26	2	8	28	448	2.747	1.230

	Techo cúpula	4(P1) 7(PB)	100	1	20	100	2.000	96	192
	Galería cúpula	2	18	2	15	20	600	247	148
	Subtotal Fluorescente Compacta				55		3.528		1663
PLANTA BAJA									
TIPO ALUMBRADO	Zona	Altura (m)	Potencia de lámpara (W)	Nº elem / lámp.	Nº luminarias	Potencia sistema lámpara - balasto	Potencia total instalada (W)	Horas	Consumo Total anual (kWh/año)
FLUORESCENTE TUBULAR	Despachos	2,8	36	2	47	45	4.230	2.747	11.618
	Biblioteca	2,8	36	2	6	45	540	2.747	1.483
	Sala reuniones	2,8	36	2	6	45	540	1.388	750
	Conserjería	2,8	36	2	2	45	180	3.365	606
	Secretaría 1	2,8	36	2	3	45	270	2.747	742
	Secretaría 2	2,8	36	2	4	45	360	2.747	989
	Office	2,8	36	2	2	45	180	590	106
	Archivo 1	2,8	58	2	2	73	290	2.747	796
	Archivo 2	2,8	58	2	2	73	290	1.388	403
	Almacenes	2,8	58	2	2	73	290	48	14
	Cuarto CGE	2,8	36	2	3	45	270	48	13
	Laboratorio biomasa	3,8	36	2	17	45	1.530	140	214
		2,3	58	2	1	73	145	0	0
		1,8	18	2	1	23	45	35	2
	Laboratorio IER	3,8	36	2	15	45	1.350	2.747	3.708
		2,3	58	2	1	73	145	0	0
	Sala caldera	2,8	58	2	4	73	580	0	0
	Sala refrigeración	2,8	58	2	5	73	725	0	0
	Subtotal Fluorescente Tubular				123		11.960		21.446
LÁMPARA INCANDESCENTE	Aseos	2,2	50	1	15	50	750	153	115
	Subtotal Fluorescente Compacta				15		750		115
FLUORESCENTE COMPACTA (Downlight)	Entrada sur	2,9	26	2	14	28	784	8.760	6.868
	Entrada este	2,9	26	2	6	28	336	4.051	1.361
	Pasillo laboratorios y entrada norte	4,2	26	2	7	28	392	247	97
	Escalera sur	2,3	26	2	2	28	112	247	28
	Escalera norte	2,3	18	2	4	20	160	247	40
	Sala exposiciones	3,3	26	2	12	28	672	0	0
	Paredes cúpula	2	18	2	15	20	600	3.829	2.297
	Pasillo despachos oeste	2	18	2	12	20	480	741	356
	Pasillo despachos este	2	18	2	15	20	600	494	296

	Sala caldera	2,3	26	2	1	28	56	0	0
	Sala refrigeración	2,3	26	2	1	28	56	0	0
	Invernadero	2,5	18	2	4	20	160	0	0
	Subtotal Fluorescente Compacta				89		4.248		11.508
EXTERIOR									
TIPO ALUMBRADO	Zona	Altura (m)	Potencia de lámpara (W)	Nº elem / lámp.	Nº luminarias	Potencia sistema lámpara - balasto	Potencia total instalada (W)	Horas	Consumo Total anual (kWh/año)
FAROLA	Proximidades	4	80	1	20	80	1.600,00	4.741	7.586
	Subtotal Fluorescente Tubular				20		1.600,00		7.586
APLIQUE	Muros	2,5	32	1	22	32	704	4.741	3.338
	Subtotal Fluorescente Compacta				22		704,00		3.338

Tabla 3. Inventario de iluminación del edificio.

Además, en el siguiente diagrama se resume la potencia instalada en iluminación, según las distintas zonas del edificio:

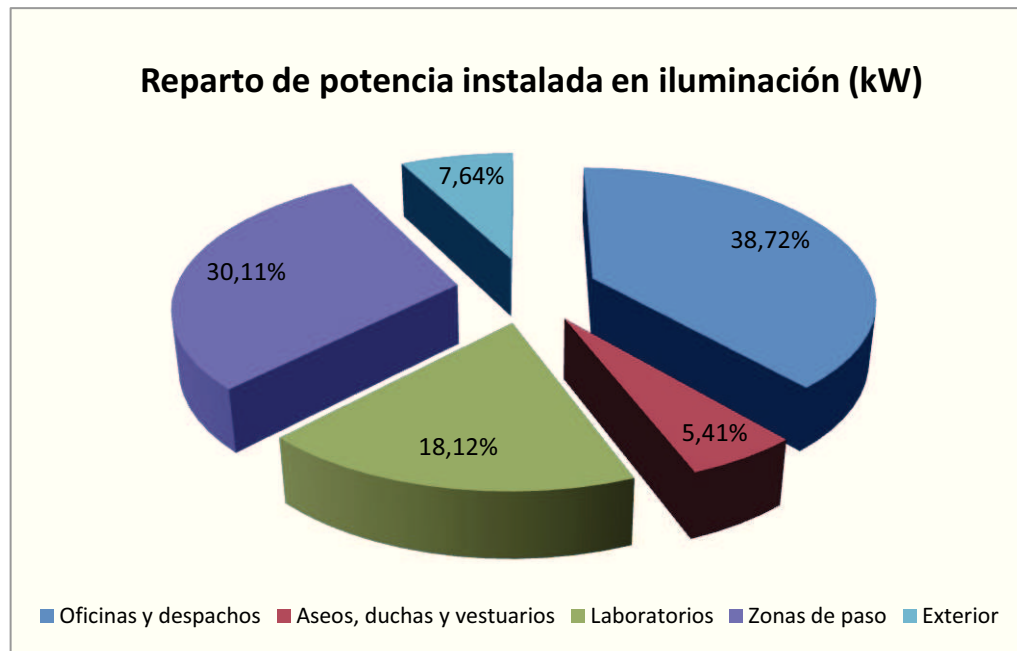


Figura 1. Desglose de potencia instalada en iluminación.

Como se puede observar en el gráfico anterior, casi un 40% de la potencia en iluminación se encuentra instalada en oficinas y despachos. Esto no hace más que reafirmar la importancia de las oficinas en este edificio. Asimismo, las zonas de paso, incluyendo la zona central con la cúpula, representan un 30% de la potencia instalada en este uso de la energía.

Por otro lado, los laboratorios suponen casi un 20 %, dado el amplio volumen del edificio ocupado por este tipo de estancias. Finalmente, aproximadamente un 13 % corresponde con aseos, duchas y vestuarios e iluminación exterior.

2.2 Sistemas de climatización y ventilación.

2.2.1 Sistema de calefacción.

- Especificaciones de la caldera:

Caldera de gas natural de condensación de la marca VIESSMANN modelo VITOCROSSAL 200, que presenta las siguientes características:

- Potencia: 137.600 kcal/h.
- Rendimiento estacional: hasta el 97% (sobre PCS)/108% (sobre PCI).
- Quemador modelo QUENOD 620, 44kW – 175 kW.

- Especificaciones de la bomba de calor:

Bomba de calor con inversión del circuito frigorífico agua-agua de la marca CLIVET modelo WRHN-2 202 de las siguientes características:

- Potencia frigorífica: 54,8 KW –47.128 frigorías.
- Potencia absorbida total en refrigeración: 16,8 kW.
- EER: 3,26.
- Agua intercambiador de calor lado utilización: 12/7 °C.
- Agua intercambiador de calor lado condensación: 30/35 °C.
- Potencia calorífica: 66,4 KW.
- Potencia absorbida total en calefacción: 20,7 kW.
- Agua intercambiador de calor lado evaporación: 12/7 °C.
- Agua intercambiador de calor lado utilización: 45 °C.
- Agua intercambiador de calor lado utilización: 12/7 °C.
- Agua intercambiador de calor lado condensación: 30/35 °C.
- Refrigerante: R-407c.
- Circuitos frigoríficos: 2.
- Compresores: 2 Scroll herméticos.

2.2.2 Sistema de refrigeración.

Los equipos instalados son los siguientes:

- Bomba de calor Mitsubishi Pumy – P200YJM-A R410A.
 - Potencia: 22 kW modo frío/25 kW modo calor.
- Bomba de calor Mitsubishi Pumy – 125YHM-B R410A.
 - Potencia: 4,27 kW modo frío/ 4,29 kW modo calor.
- Bomba de calor Mitsubishi MXZ – SC100VA R410A.
 - Potencia: 10 kW modo frío/12 kW modo calor.
- Bomba de calor Mitsubishi P140YHM-B R410A.
 - Potencia: 5,32 kW frío/5,32 kW modo calor.
- Bomba de calor Mitsubishi MXZ-2C82VA R410A.
 - Potencia: 5,2 kW modo frío/6,4 kW modo calor.

Curvas de carga del sistema de refrigeración:

La mayor parte de los equipos de refrigeración están conectados al cuadro principal, y el resto minoritario están conectados al cuadro secundario. Se han tomado medidas durante el período comprendido entre el 17/06/2013 y el 08/07/2013. A continuación se presentan los datos obtenidos de potencia demandada por este sistema:

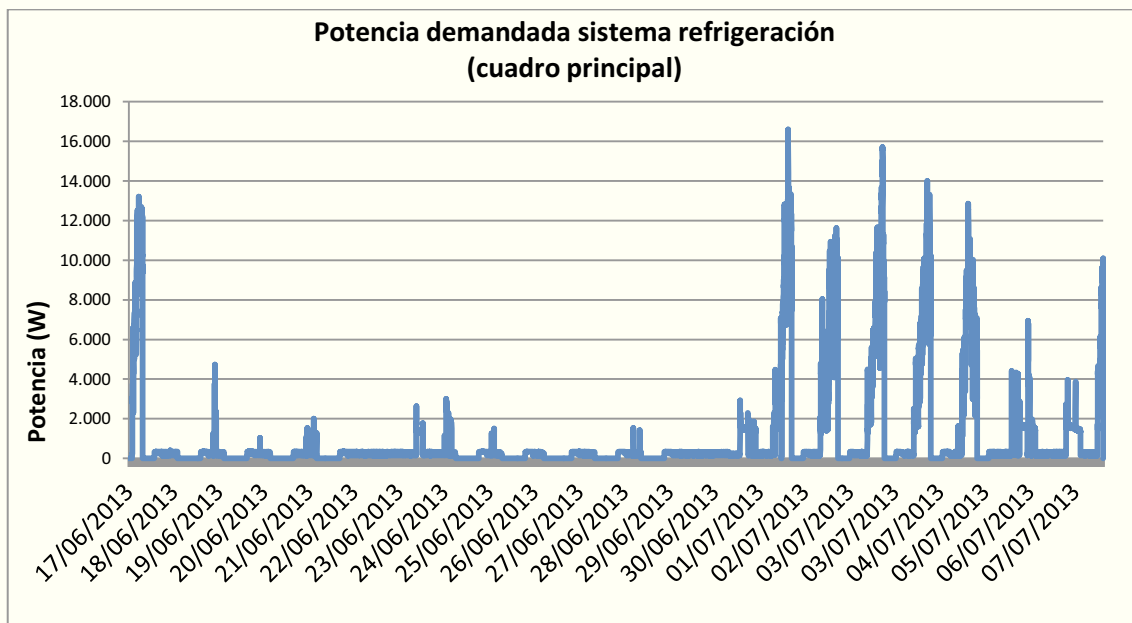


Figura 2. Datos del analizador de redes conectado en el cuadro principal de refrigeración.

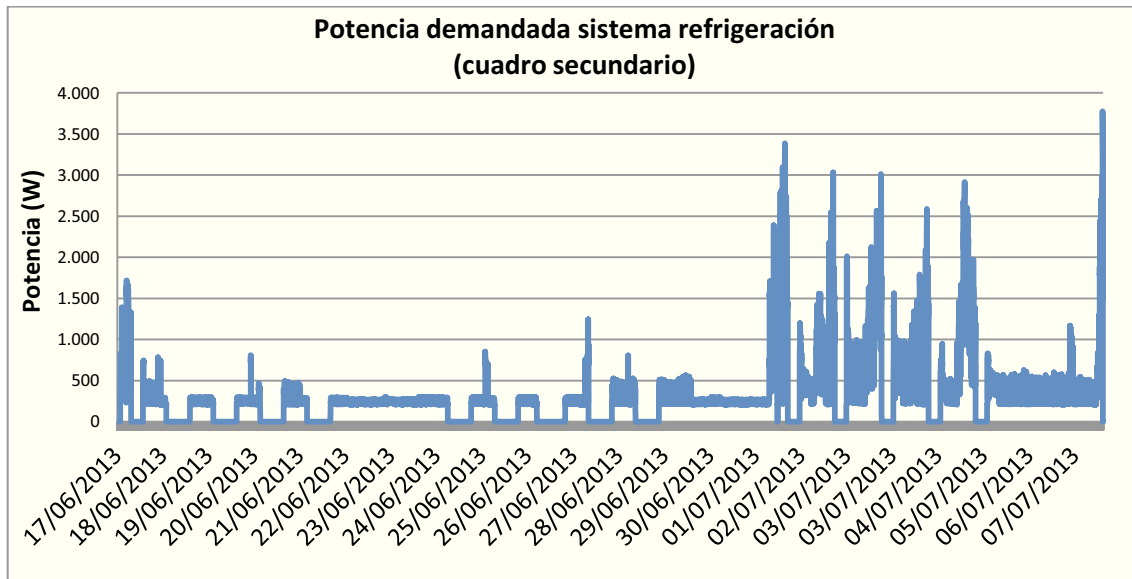


Figura 3. Datos del analizador de redes conectado en el cuadro secundario de refrigeración.

Asimismo, se incluye la evolución de las temperaturas media y máxima en Zaragoza durante el período de medición:

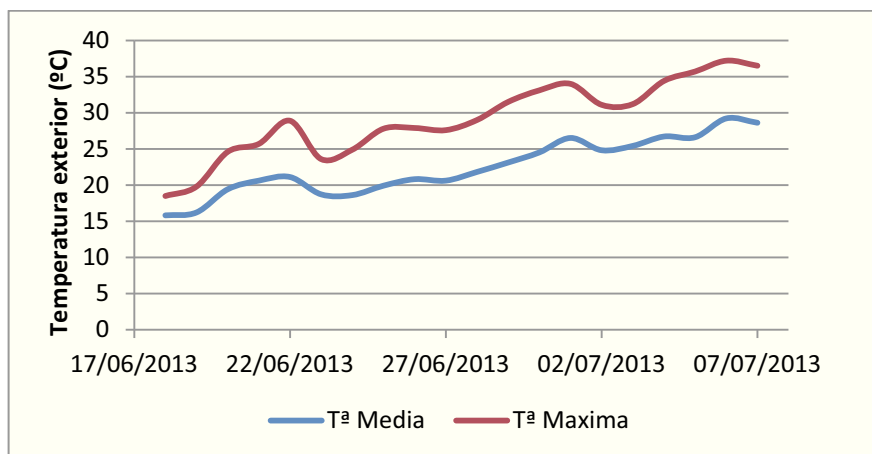


Figura 4. Evolución de la temperatura exterior en Zaragoza durante el período de medición.

Tal y como se aprecia en la figura anterior, durante el mes de Junio las temperaturas en Zaragoza no fueron elevadas, por lo que no fue necesario el uso del aire acondicionado en el edificio. Esto puede observarse en las gráficas de los analizadores de redes para los días comprendidos entre el 17/06/2013 y el 30/06/2013, que presentan un consumo mínimo.

A partir del día 01/07/2013, se comenzó a utilizar el sistema de aire acondicionado de forma normal y el consumo ya es representativo del período de verano. En la *figura 7* se muestra el consumo de la primera semana de Julio.

Por otro lado, los datos han permitido comprobar una demanda de potencia en *stand by* de aproximadamente 300 W de forma constante en el horario desde las 0:00 hasta la hora de arranque del sistema a las 9:00.

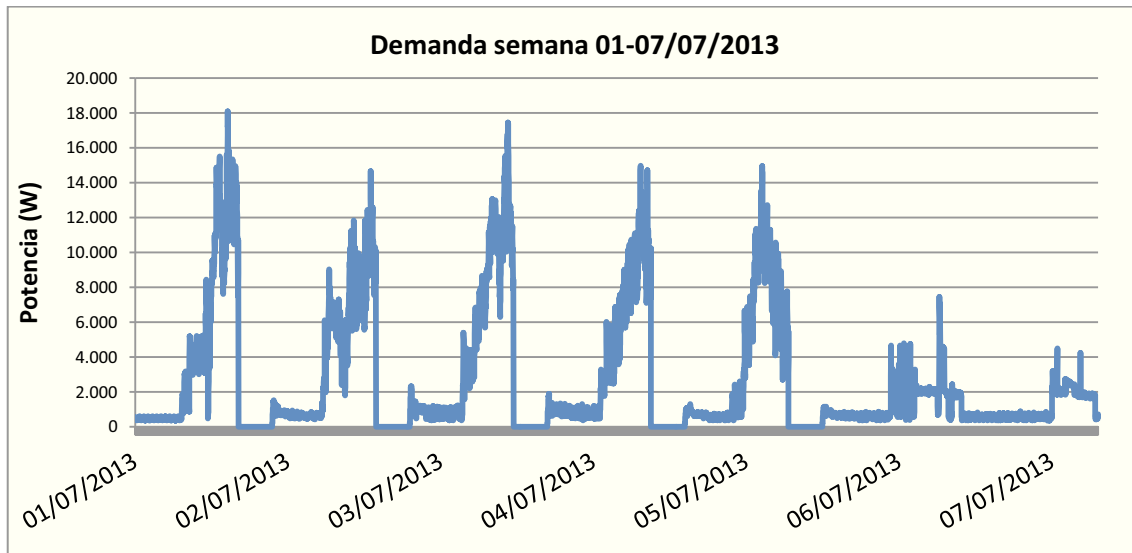


Figura 5. Evolución de la demanda de potencia durante una semana.

Para poder apreciar con mayor detalle la evolución del consumo durante un día laboral, se incluye la siguiente gráfica, que muestra la potencia demandada durante el día 01/07/2013:

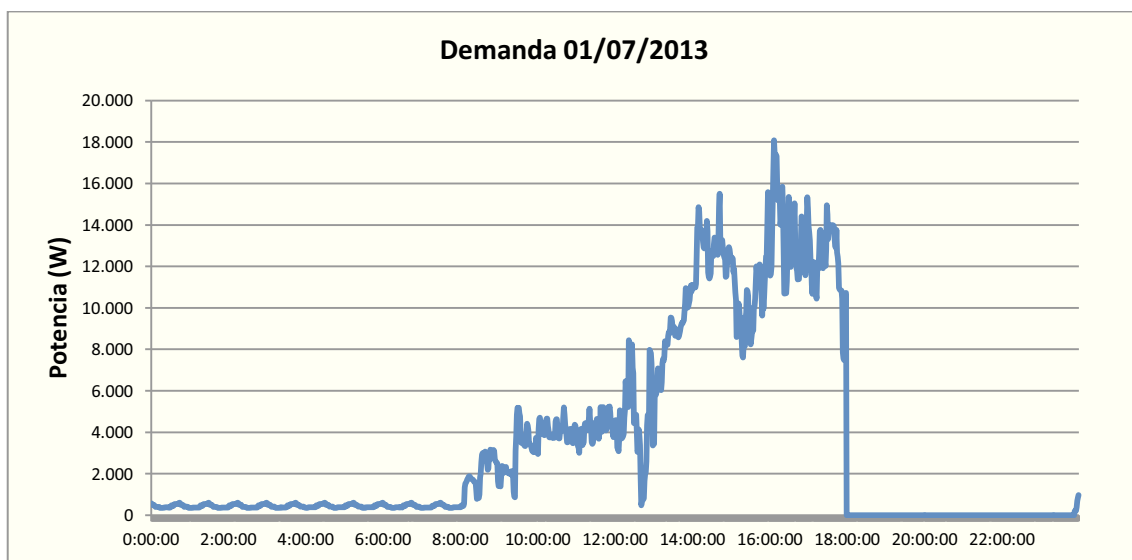


Figura 6. Evolución de la demanda de potencia durante un día laboral.

El sistema automático que controla la conexión y desconexión del sistema de refrigeración está programado para desconectarlo a las 18:00 y volverlo a conectar a las 9:00 horas del día siguiente; sin embargo, esto no ocurre así. En la curva de carga anterior se aprecia que la desconexión del sistema tiene lugar a la hora prefijada (18:00), pero el sistema se vuelve a conectar al día siguiente las 0:00 horas, manteniéndose en *stand by* hasta que los usuarios del edificio comienzan a utilizarlo. La demanda alcanza un máximo de 18 kW en torno a las 16:00 horas.

Por último, se presenta también el detalle del consumo durante el fin de semana del 06/07/2013 al 07/07/2013:

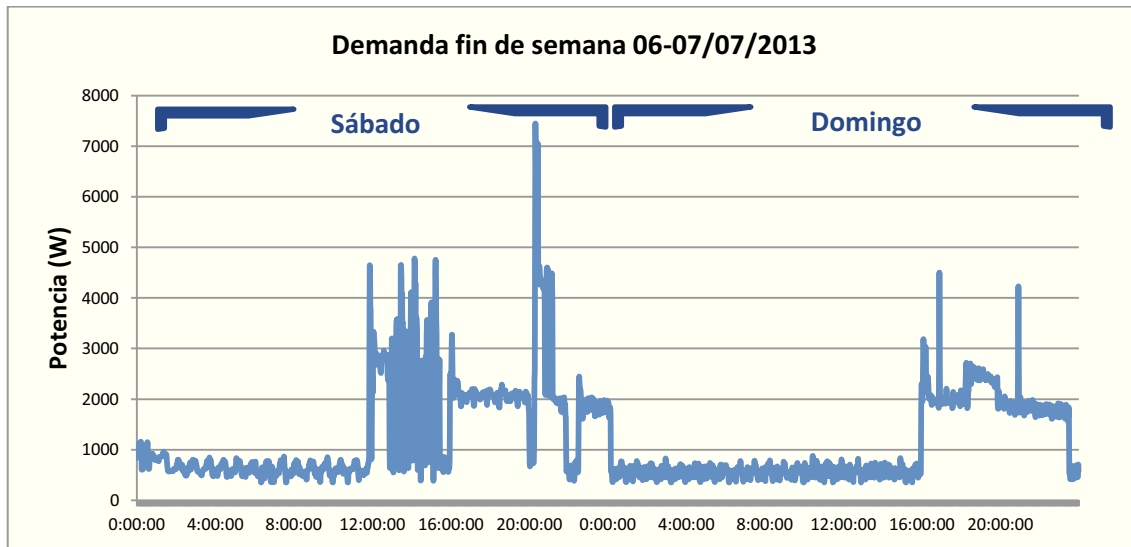


Figura 7. Evolución de la demanda de potencia durante el fin de semana.

Otro aspecto importante, que se deduce de la información proporcionada por esta última gráfica de los analizadores de redes, es que durante los fines de semana no se desconecta el sistema de refrigeración. Es decir, se conecta el sábado a las 0:00 horas, pero ya no se desconecta hasta el lunes por la tarde a las 18:00.

2.2.3 Ventilación.

Los equipos de ventilación son los siguientes:

Planta baja:

- Aseos norte: Soler&Palau MIXVENT-TD-500/150.
- Aseos sur señoras: Soler&Palau MIXVENT-TD-500/150.
- Aseos sur caballeros: Soler&Palau MIXVENT-TD-250/100.
- Aseos sur minusválidos: Soler&Palau MIXVENT-TD-250/100.
- Biblioteca: Soler&Palau TH-800N.
- Sala reuniones: Soler&Palau TH-800N.

Planta primera:

- Aseos sur señoras: Soler&Palau MIXVENT-TD-500/150.
- Aseos sur caballeros: Soler&Palau MIXVENT-TD-500/150.
- Ducha y limpieza: Soler&Palau MIXVENT-TD-250/100.

El modelo Soler&Palau MIXVENT-TD-250/100 demanda una potencia máxima de 24 W, mientras que el modelo Soler&Palau MIXVENT-TD-500/150 demanda una potencia máxima de 50 W.

2.3 La envolvente del edificio.

Ficha justificativa del cálculo del indicador K_G del edificio según la norma NBE-CT-79.

El presente cuadro expresa que los valores de K especificados para los distintos elementos constructivos del edificio cumplen los requisitos exigidos en los artículos 4º y 5º de la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 «Condiciones Térmicas en los Edificios».

Elemento constructivo			Superf. S m²	Coefficiente K kcal/h m² °C (W/m² °C) (1)	S · K kcal/h °C (W/°C)	Coef. correct. n	n · Σ s · K Kcal/h °C (W/°C)		
Apartado E			Se	Ke	SeKe	1	ΣSeKe		
Cerramientos en contacto con el ambiente exterior	Huecos exteriores verticales, puertas, ventanas	Vidrio Doble	109,16	1,10	120,08	1	120,08		
		Vidrio Inv	22,73	0,94	21,25		21,25		
		Puertas madera	33,08	3,00	99,24		99,24		
		Puertas metalicas	52,34	4,00	209,36		209,36		
	Cerramientos verticales o inclinados mas de 60º con la horizontal	ME47	19,27	0,47	9,04		9,04		
		ME46	597,57	0,47	282,05		282,05		
		ME45	218,30	0,73	158,92		158,92		
		ME44	394,56	0,73	289,61		289,61		
		ME32	148,04	0,56	82,16		82,16		
		M INV	74,61	0,65	48,65		48,65		
	Forjados sobre espacios exteriores								
	Apartado N			Sn	Kn		SnKn	0,5	0,5ΣSnKn
	Cerramientos de separación con otros edificios o con locales no calefactados	Cerramientos verticales de separación con locales no calefactados, o medianeras	MI25	167,73	2,01		337,31	0,5	168,65
MI24			197,00	2,06	405,62	202,81			
MI12			159,38	3,05	486,11	243,05			
MI11			12,51	2,66	33,21	16,61			
Forjados sobre espacios cerrados no calefactados de altura > 1 m		F8	46,47	0,30	13,80	6,90			
		F9	14,07	0,27	3,81	1,91			
		F11	6,52	0,67	4,34	2,17			
		F12	5,87	0,50	2,93	1,46			
		F13	64,14	0,67	43,10	21,55			
		F14	26,41	0,50	13,28	6,64			
		F17	6,51	0,25	1,65	0,82			
		F18	67,46	0,25	16,60	8,30			
Huecos, puertas, ventanas		Vidrio doble	2,18	1,10	2,40	1,20			
		Sep-Chimenea	6,00	5,00	30,00	15,00			
		Puertas madera	8,40	3,00	25,20	12,60			
Apartado Q			Sq	Kq	SqKq	0,8	0,8ΣSqKq		
Cerramientos de techo o cubierta	Huecos, lucernarios, claraboyas	Cristalera-Ala-E	35,30	5,00	176,50	0,8	141,20		
		Claraboya	2,01	3,00	6,03		4,82		
	Azoteas (3)	Cub. Verde H	557,72	0,25	137,20		109,76		
		Cub. Verde M	620,55	0,25	157,00		125,60		
		Azotea	128,05	0,25	32,52		26,02		
	Cubiertas inclinadas menos de 60º con la horizontal	Cub Lab-Cupula	9,24	0,25	2,33		1,86		
		Cubierta Zinc	201,32	0,18	35,63		28,51		
Apartado S			Ss	Ks	SsKs	0,5	0,5ΣSsKs		
Cerramientos de separación con el terreno (2)	Soleras	Despachos	410,01	0,48	196,39	0,5	98,20		
		Laboratorios	287,56	0,97	280,08		140,04		
		Suelo piedra	98,97	0,97	96,40		48,20		
		Suelo zonas public	173,42	0,43	74,74		37,37		
	Forjados sobre cámara de aire de altura <= m								
	Muros enterrados o semienterrados								
Σ Total			4.984,47		Σ Total		2.791,62		
Factor de forma f en m ⁻¹ =			Superficie total S = 4.984,47 ①		= 0,69 ③				
			Volumen total V = 7.195,78 ②						
Exigencia de la Norma (Art. 4.º)			Cumplimiento de la exigencia de la Norma						
Tipo de energía I →	Factor de forma 0,69 ③ →	Zona climática ↓	C Kg del edificio =						
I	0,69 ③ →	Kg ≤	0,89 ⑤						
2.791,62 ④									
4.984,47 ①									
0,56									
0,89 ⑤									

(1) Estos coeficientes deben cumplir los requisitos exigidos en el artículo 5º de la Norma. Para los edificios situados en las islas Canarias será suficiente cumplimentar esta columna.

(2) Como se indica en 3.2, pueden emplearse coeficientes lineales de transmisión de calor ks en vez de Ks siempre que cumpla la condición de que: ks.Ls = Ks.Ss en kcal/h °C(W/°C).

(3) Se pueden incluir en este apartado las azoteas ajardinadas y forjados enterrados.

Figura 8. Ficha justificativa del cálculo del indicador K_G según la norma NBE-CT-79.

2.4 Laboratorios.

2.4.1 Laboratorio de biomasa y co-combustión.

A continuación, se presenta el inventario de equipos instalados en este laboratorio, tanto consumidores de electricidad como de gas, junto con la potencia de los mismos.

POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA				
DESCRIPCIÓN DE LA CARGA	Nº unidades	CIRCUITO ELÉCTRICO	POTENCIA Unitaria (W)	POTENCIA INSTALADA (kW)
Ventiladores de alimentación aire primario y secundario (SODECA) CMP-514-2T // Motors CIME MSL63A-2	3	Trifásico. Generación energía Térmica	180	0,540
Motor - Tornillo sinfin del sistema de alimentación de combustible // GYROS MS63A-2	2	Trifásico. Generación energía Térmica	180	0,360
Motor - Empujador de parrilla cámara de combustión // GYROS MS63B-4	1	Trifásico. Generación energía Térmica	180	0,180
Motor - sistema de limpieza turbuladores caldera // GYROS MS63A-2	2	Trifásico. Generación energía Térmica	180	0,360
Motor - Aero 175 kW DGS504BD30 CR // A4D500-AM03-01	4	Trifásico. Generación energía Térmica	720	2,880
Motor - Aero 165 kW DGS634CD52 CR // A4D630-AR01-01	4	Trifásico. Generación energía Térmica	1250	5,000
Extractor humos chimenea (SODECA) CMAT-545-2T-4/R	1	Trifásico. Generación energía Térmica	3000	3,000
Motor - Equipo de transporte y almacenamiento de combustible // GYROS MS712-4	1	Trifásico. Generación energía Térmica	370	0,370
Bomba circuito secundario agua (GRUNDFOS) TPE 40-180/2 A-F-A BUBE	1	Monofásico. Generación energía Térmica	550	0,550
Bomba circuito primario agua+glicol (GRUNDFOS) TPE 40-360/2 A-F-A BQQE	1	Trifásico. Generación energía Térmica	4000	4,000
Motor - Generador trifásico 11 kW, 3000 rpm, 380 V (ABB) // M2AA 160 M4	1	Trifásico. ORC	11000	11,000
Bomba de engranajes ZPA 2354 NLFCV/R/K-M2, 2B35/PTFE (BEINLICH)	1	Trifásico. ORC	2200	2,200
Quemador de gas de aire soplado (ECOFLAM) BLU 250 // MT TC	1	Monofásico. GAS	560	0,560
EQUIPOS AUXILIARES DE MEDICIÓN Y MUESTREO				
Analizador de gases MRU VARIO PLUS "INDUSTRIAL"	1	Monofásico. Red general laboratorio.	100	0,100
Impactador de partículas DEKATI con bomba de aspiración SOLMA	1	Monofásico. Red general laboratorio.	750	0,750
TOTAL POTENCIA INSTALADA (kW) =			31,85	

Tabla 4. Potencia eléctrica instalada en el laboratorio de biomasa.

POTENCIA DE GAS INSTALADA

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	Nº unidades	POTENCIA TÉRMICA Máx. (kW)	POTENCIA TÉRMICA Mín. (kW)	POTENCIA INSTALADA (kW)
Caldera de gas con quemador de gas de aire soplado (ECOFLAM) BLU 250	1	230	95	140

Tabla 5. Potencia de gas instalada en el laboratorio de biomasa.

Este laboratorio cuenta también con un compresor, pero su consumo resulta despreciable en comparación con el resto de equipos.

Asimismo, se incluyen también los consumos de la instalación para los diferentes ensayos que en ella se realizan, proporcionados por el personal del área de investigación que opera en este laboratorio. Aproximadamente, se llevan a cabo cuatro o cinco ensayos al año.

CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA

MODO DE OPERACIÓN	TIEMPO OPERACIÓN PRUEBA (h)	POTENCIA ÚTIL (kW)	CONSUMO DE ENERGÍA (kWh)
MODO GENERACIÓN DE CALOR CON BIOMASA	16	18,09	289,44
MODO GENERACIÓN DE FRIO CON BIOMASA	6	17,34	104,04
MODO GENERACIÓN DE ELÉCTRICIDAD (ORC) CON BIOMASA	6	20,10	120,60
MODO GENERACIÓN DE FRIO CON GAS	6	16,09	96,54
MODO GENERACIÓN DE ELÉCTRICIDAD (ORC) CON GAS	6	18,29	109,74

CONSUMO ENERGÍA TÉRMICA

MODO DE OPERACIÓN	TIEMPO OPERACIÓN PRUEBA (h)	POTENCIA ÚTIL (kW)	CONSUMO DE ENERGÍA (kWh)
MODO GENERACIÓN DE FRIO CON GAS	6	140,00	840,00
MODO GENERACIÓN ELÉCTRICA (ORC) CON GAS	6	140,00	840,00

Tabla 6. Consumos de electricidad y gas del laboratorio de biomasa.

2.4.2 Laboratorio de integración de energías renovables (IER).

El inventario de los equipos más relevantes empleados en este laboratorio es el siguiente:

POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA				
Equipo	Tensión (Vac)	Corriente (A)	Potencia (kW)	Consumo
Cargador rápido de vehículo eléctrico (SGTE)	400	80	50	Una carga consume 8KWh. Se realizan dos cargas por semana aproximadamente.
Cargador rápido de vehículo eléctrico por inducción	400	40	30	Una prueba de carga 1KWh. Actualmente solo funciona para las visitas.
Cargador de baterías CRAVE	400	30	20	Se realizan pruebas de carga y descarga de baterías. El consumo total son las pérdidas del equipo y las baterías.
Bancada de pruebas Kliux-AVER	400	10	4	La potencia consumida para mover la bancada se devuelve a red con el inversor. El consumo total son las pérdidas.
Aerogenerador Kliux	230	16	3,5	Equipo de generación. Actualmente parado.
Cargador de baterías GEBE 50kW	400	100	50	Se han realizado pruebas de carga y descarga de baterías a 20kW. Se lleva al CEDER.
Bancada de WAVE	400	80	50	Se instalará en un futuro.
Aerogenerador GEBE 10kW	400	15	10	Se realizarán pruebas a partir de Septiembre de 2013
Aerogenerador Atlantic 50kW	400	80	50	Se realizarán pruebas a partir de Septiembre de 2013

Tabla 7. Inventario de equipos del laboratorio IER.

Curva de carga del laboratorio IER:

Las mediciones se han llevado a cabo durante el período de tiempo comprendido entre el lunes 17/06/2013 y el viernes 28/06/2013.

La potencia demandada por el laboratorio durante este período se presenta en la figura siguiente.

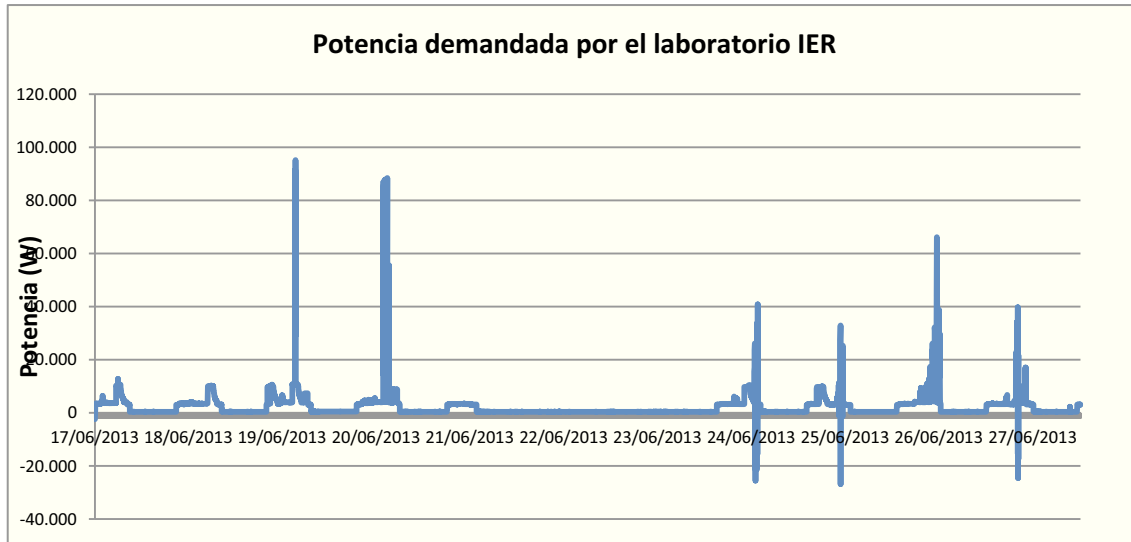


Figura 9. Datos del analizador de redes del laboratorio IER.

Los picos de potencia demandada que se aprecian corresponden a los ensayos de carga de baterías para el vehículo eléctrico. Los picos más altos corresponden al cargador de 50 kW, mientras que los más bajos son debidos a los cargadores de 20 y 30 kW. Asimismo, se observan picos de potencia negativa. Esto es debido a que en determinados ensayos se devuelve la potencia a la red.

Se tiene una demanda media de potencia de 2,15 kW. Por otro lado, el promedio de la potencia demandada en un día de trabajo, durante las horas laborales, asciende a 5,17 kW. De la misma forma, se ha calculado la demanda media durante los ensayos en el laboratorio, obteniendo un valor de 19,54 kW. En el apartado de balances de energía se presenta el cálculo de la energía eléctrica consumida al año por este laboratorio.

2.5 Sistemas de ofimática.

2.5.1 Ordenadores.

Se utilizan principalmente dos tipos de ordenadores de mesa, atendiendo a la fuente de alimentación que utilizan:

- PC tipo 1:
Procesador AMD/Intel
Fuente de alimentación de 500 W
- PC tipo 2:
Equipos Intel i5/i7
Fuente de alimentación de 700 W

Se ha medido la potencia real demandada por un ordenador de mesa, operando en situación normal, y se ha obtenido una potencia de 50 W. Este dato se ha utilizado para el cálculo del consumo del sistema de ofimática, que se presenta en el apartado de balances de energía. Además, se cuenta también con tres tipos de ordenadores portátiles:

- Portátil tipo 1:
Portátiles HP/Toshiba
Calificación ENERGY STAR
Potencia demandada: 65 W
- Portátil tipo 2:
Portátil HP
Calificación ENERGY STAR.
Potencia demandada: 90 W
- Mac:
Portátil MacBook PRO
Calificación ENERGY STAR.
Potencia demandada: 70 W

2.5.2 Otros equipos.- Monitores:

Monitores planos TFT/LED

Calificación ENERGY STAR

Consumo: 35 W (dato real medido).

- Impresoras: existen diferentes tipos de impresoras, pero dado que su uso es esporádico, se ha despreciado su consumo de electricidad.

	PC		Monitor		Portatil			MAC		
Área	Número	Potencia (W)	Número	Potencia (W)	Número	Tipo	Potencia (W)	Número	Potencia (W)	Potencia Total (W)
Eficiencia	14	50	14	35	1	1	65			1255
Sociedad	10	50	14	35						990
Formación			1	35	1	1	65			100
Técnica	10	50	8	35						780
Conserjería	2	50	2	35						170
Administración	8	50	11	35	3	1	65	2	70	1120
					1	2	90			90
IER	17	50	18	35	2	1	65			1610
Recursos	19	50	17	35	5	1	65			1870
UIP	2	50	11	35	3	1	65	6	70	1100
Dirección			2	35	1	1	65	1	70	205
Informática	6	50	8	35						580
TOTAL										9.870

Tabla 8. Resumen del inventario de equipos ofimáticos.

ANEXO 3: INEFICIENCIAS OBSERVADAS, ACCIONES DE MEJORA Y ESTIMACIÓN DE AHORRO.

3.1 Medidas de ahorro energético en iluminación.

1. MAE-IL Sustitución de luminarias con fluorescentes tubulares T8.

Ineficiencia observada

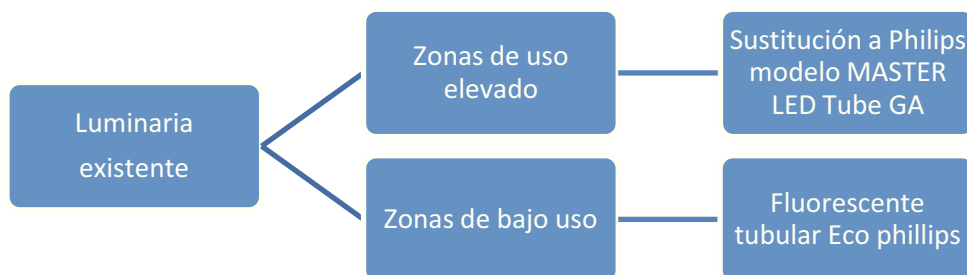
La amplia mayoría de la iluminación del edificio se realiza mediante lámparas fluorescentes tubulares estándar de 58 W y 36 W que incorporan balastos electromagnéticos, con una clasificación de eficiencia B2.

Predomina el uso de los fluorescentes de 36 W, siendo los de 58 W utilizados solamente en los archivos y almacenes, con un menor número de horas de utilización.

Este tipo de tecnología de fluorescencia corresponde a la gama T8, para la cual existen actualmente soluciones que permiten reducir el consumo de energía por punto de luz. Además, el tipo de balasto no es el más indicado tanto desde el punto de vista de consumo de energía como de comportamiento frente a la lámpara asociada. En general, el nivel de iluminación obtenido con este sistema es alto.

Características de la solución propuesta.

Dependiendo de las características concretas del sistema de iluminación actual, así como del número de horas de encendido la solución de ahorro energético que mejor rentabilidad proporciona varía según el siguiente árbol de decisión.



Es por ello que se ha propuesto dos soluciones de tecnología de iluminación según la casuística encontrada. No obstante, únicamente se ha valorado la primera por resultar una solución más rentable.

Lámparas de tecnología LED: sustitución basada en la utilización de una lámpara de tecnología LED del fabricante Philips modelo MASTER LED Tube GA, manteniendo la misma luminaria.

Esta tipología de lámpara reduce la potencia instalada por punto de luz en al menos un 40% respecto a los fluorescentes estándar, manteniendo el mismo nivel de iluminación, además de poseer una vida útil de en torno a 40.000 horas frente a 12.000 horas de los actuales equipos con una garantía de 5 años.

Valoración energética-económica

Por lo tanto las luminarias a sustituir son las siguientes:

SISTEMA ACTUAL						
Nº de elementos	Zona	Potencia de lámpara actual (W)	Rend. del equipo auxiliar balasto o transformador (%)	Potencia del sistema actual (W)	Horas de funcionamiento	Consumo actual (kWh/año)
256	Despachos	36	80%	45	3.137	36.138
12	Sala Reuniones	36	80%	45	1.388	750
82	Usos Varios	58	80%	72,5	Reducido	489
8	Archivos	58	80%	72,5	2.068	1.199

Tabla 9. Consumo actual del edificio debido al sistema de iluminación tubular.

Se propone la sustitución de 268 lámparas con balasto electromagnético, con una potencia unitaria (lámpara + equipo auxiliar) de 45 W y un total de 36.888 kWh/año de consumo eléctrico, equivalente a 5.533 €/año y la sustitución de 8 lámparas con balasto electromagnético, con una potencia unitaria (lámpara + equipo auxiliar) de 72,5W y un total de 1.199 kWh/año de consumo eléctrico, equivalente a 180 €/año, por un sistema de tecnología LED.

En el caso de luminarias de baja utilización, como es el caso de 82 luminarias con balasto electromagnético, con una potencia unitaria (lámpara + equipo auxiliar) de 45 W y un total de 489 kWh/año de consumo eléctrico, equivalente a 73,32 €/año, se observa en la tabla siguiente que el sistema LED propuesto no resulta amortizable en un tiempo razonable.

CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS DE TECNOLOGÍA LED								
Nº de elementos	Potencia del equipo propuesto (W)	Horas de funcionamiento	Consumo del equipo propuesto (kWh/año)	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	PAY BACK (AÑOS)
256	22	3.137	17.668	18.470	2.771	5.541	9.242	3,34
12	22	1.388	366	383	57	114,9	433	7,54
82	24	Reducido	167	321	48	96,3	3.296	68,5
8	24	2.068	397	761	114	228,3	322	2,82

Tabla 10. Posibilidades de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas de tecnología LED.

A la vista de la tabla anterior, se plantea una solución compuesta por 268 tubos de tecnología LED de 22 W y 8 tubos de tecnología LED de 24 W. Las características de ahorro de la misma se detallan en la tabla siguiente:

SISTEMA PROPUESTO DE TECNOLOGÍA LED						
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
19.615	2.942	5.885	10.000	3,4	31%	11.890

Tabla 11. Propuesta de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED.

La solución propuesta de sustitución de los tubos fluorescente T8, por sistema de iluminación LED, produce una diferencia en las características visuales de la luminaria, ya que al realizar únicamente el cambio de la lámpara pueden producirse incómodos deslumbramientos para el usuario de la instalación.

Por ello se propone como alternativa, la sustitución total de la luminaria existente por otra adecuada al tipo de lámpara LED. Se trata de una solución con un mayor confort visual para el usuario pero con una inversión mayor.

Se propone la sustitución de la luminaria completa actualmente instalada por el modelo *Coreline RC 120 B LED 34S/840 120x30* de Philips.

En cualquier caso el potencial de ahorro energético es similar al calculado.

El coste de la actuación en este caso resulta de la suma de la adquisición de la luminaria (coste aprox. 200 €/unidad) al que hay que sumar el coste de instalación más complejo valorado en, aproximadamente, un 6 % del coste de luminarias.

Se propone el cambio de luminarias de acuerdo a la siguiente tabla:

SUSTITUCIONES PROPUESTAS			
Nº LUMINARIAS A SUSTITUIR	LUMINARIA EXISTENTE	Nº DE LUMINARIAS A COLOCAR	LUMINARIA A COLOCAR
268	Luminaria 2 x 36 W b. electromag	268	Coreline RC 120 B LED 34S/840 120x30
8	Luminaria 2 x 58 W b. electromag	8	Coreline RC 120 B LED 34S/840 120x30

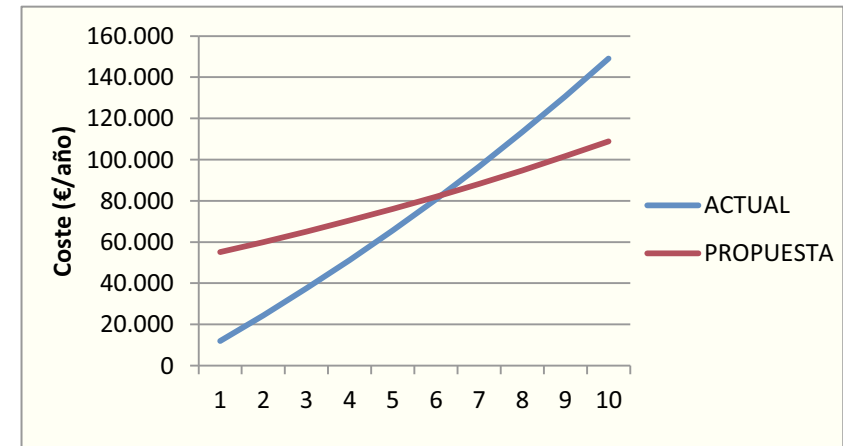
Tabla 12. Equipos a sustituir y nuevo sistema elegido para iluminación en despachos.

Realizando una sustitución “punto a punto”, puesto que la distribución de luminarias es adecuada a las características de cada estancia, la inversión asciende a 50.470 €, consiguiendo ahorros de 7.273 €/año, por lo que se obtiene un periodo de amortización de 6,9 años, que resulta elevado. Esto se puede observar en la tabla siguiente.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTAS DE SUSTITUCIÓN DE FLUORESCENTES											
RETORNO DE LA INVERSIÓN		6,9	años								
ACTUAL		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
	Coste Mto.	488	498	508	518	528	539	549	560	572	583
	Coste Energía	11.426	11.997	12.597	13.227	13.889	14.583	15.312	16.078	16.882	17.726
	Coste Total	11.914	24.409	37.514	51.259	65.675	80.797	96.659	113.297	130.750	149.059
PROPUESTA	Coste Inicial	50.470	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coste Mto.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coste Energ.	4.641	4.873	5.117	5.373	5.642	5.924	6.220	6.531	6.857	7.200
	Coste Total	55.112	59.985	65.102	70.475	76.116	82.040	88.260	94.791	101.648	108.848
Retorno Inv.		-43.198	-35.576	-27.588	-19.216	-10.441	-1.243	8.399	18.506	29.102	40.210
Coste inicial		50.470 €									
Ahorro en mantenimiento			488	498	508	518	528	539	549	560	572
Ahorro en consumo			6.785	7.124	7.480	7.854	8.247	8.659	9.092	9.547	10.024
Flujos de Caja Operativos		- 50.470 €	7.273	7.622	7.988	8.372	8.775	9.198	9.642	10.107	10.596

TIR - Tasa Interna Rentabilidad del Proyecto	11%
VAN - Valor Actual Neto del Proyecto	3.240 €

Tabla 13 Evaluación económica de la propuesta de sustitución de fluorescentes.



2. MAE-IL Sustitución de luminarias downlight por luminarias de tecnología LED.

Ineficiencias observadas

Para la iluminación de las zonas comunes de planta baja, las tres entradas del edificio (sur, este y norte), así como el distribuidor de la primera planta de la zona de despachos se emplean puntos de luz tipo downlight, formados por dos lámparas fluorescentes compactas de 26 W

El número de horas de encendido es diferente según la zona en la que se encuentren instaladas, de forma que las luminarias de la entrada este permanecen encendidas un total de 4.050 h/año aproximadamente, y las del distribuidor de planta primera un total de 2.747 h/año. Sin embargo, las luminarias de la entrada sur permanecen siempre encendidas, con un total de 8.760 h/año ya que existe una cámara de seguridad en esa zona, y precisa de una iluminación constante.

Características de la solución propuesta.

La reducción del consumo de energía por la mejora de la eficiencia energética de este tipo de sistemas ya de por sí de elevado rendimiento se consigue con la utilización de luminarias tipo downlight de tecnología LED. En este caso se ha planteado el uso de la luminaria modelo *Coreline Compact DN 120 B 840* del fabricante Philips.

Esta solución es más eficiente que los tradicionales downlights con lámparas fluorescentes compactas, consiguiendo una vida útil de en torno a 30.000 horas frente a 6.500 horas de los actuales equipos con una garantía de 5 años, proporcionada por el fabricante.

La sustitución respecto de los sistemas instalados actualmente es prácticamente directa al ir empotradas en falso techo (2-30 cm de grosor) y fijadas mediante clips.

Se propone la solución de 28 downlights de 56 W (lámparas + equipos auxiliares), con distintas horas de uso según localización (señaladas anteriormente) y un consumo actual total de 9.460 kWh/año, y de 1.400 €/año. Mediante la aplicación de la medida citada se consigue un ahorro de 4.900 kWh/año, lo que representa unos 930 €/año, teniendo presente el consumo eléctrico y el gasto en mantenimiento, debido a la duración de las luminarias actuales. A continuación se muestra la tabla resumen con los datos económicos obtenidos. La inversión a realizar es de aproximadamente 2.687 € que junto con el ahorro anteriormente citado proporciona un periodo de amortización de 2,6 años.

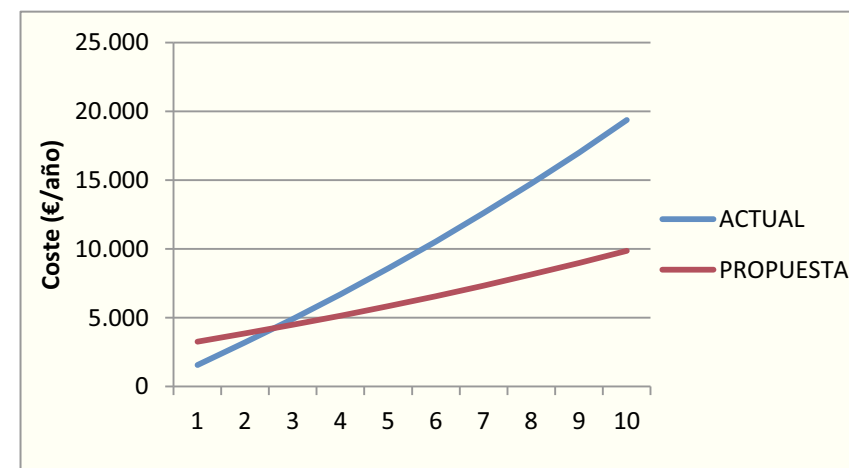
SISTEMA PROPUESTO PARA ILUMINACIÓN TIPO DOWNLIGHT						
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	PAY BACK (AÑOS)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
4.900	930	1.470	2.687	2,9	47%	Ahorro con la implantación de tecnología LED

Tabla 14. Ahorros conseguidos con la sustitución de puntos de luz tipo downlight.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN DE DOWNLIGHT											
RETORNO DE LA INVERSIÓN		2,9	años								
ACTUAL		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
	Coste Mto.	195	199	203	207	211	215	219	224	228	233
	Coste Energía	1.419	1.490	1.564	1.643	1.725	1.811	1.901	1.997	2.096	2.201
	Coste Total	1.614	3.302	5.070	6.919	8.855	10.881	13.002	15.222	17.547	19.981
PROPUESTA	Coste Inicial	2.687	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coste Mto.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coste Energ.	684	718	754	792	832	873	917	963	1.011	1.061
	Coste Total	3.371	4.089	4.844	5.636	6.467	7.340	8.257	9.220	10.230	11.292
Retorno Inv.		-1.757	-787	226	1.283	2.387	3.540	4.745	6.002	7.316	8.689
Coste inicial		2.687,00 €									
Ahorro en mantenimiento		195	199	203	207	211	215	219	224	228	233
Ahorro en consumo		735	772	810	851	893	938	985	1.034	1.086	1.140
Flujos de Caja Operativos		-2.687€	930	970	1.013	1.057	1.104	1.153	1.204	1.258	1.373

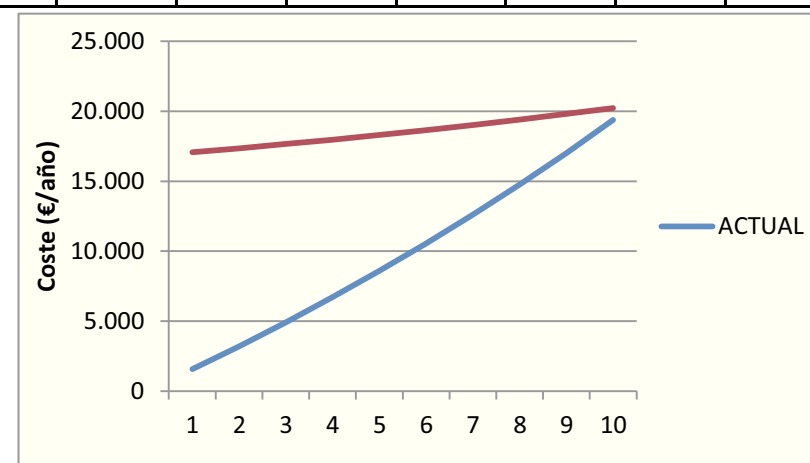
TIR - Tasa Interna Rentabilidad del Proyecto	37%
VAN - Valor Actual Neto del Proyecto	4.071 €

Tabla 15. Evaluación económica de la propuesta de sustitución de downlight.



EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTAS DE SUSTITUCIÓN DE DOWNLIGHT CON LA INCORPORACIÓN DE CONTROL											
RETORNO DE LA INVERSIÓN		13	años								
ACTUAL		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
	Coste Mto.	191	195	199	203	207	211	215	219	224	228
	Coste Energía	1.374	1.443	1.515	1.590	1.670	1.753	1.841	1.933	2.030	2.131
	Coste Total	1.565	3.202	4.915	6.708	8.585	10.549	12.605	14.757	17.011	19.370
PROPUESTA	Coste Inicial	16.794	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coste Mto.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coste Energ.	273	286	301	316	331	348	365	384	403	423
	Coste Total	17.067	17.353	17.654	17.969	18.301	18.649	19.014	19.398	19.801	20.224
Retorno Inv.		-15.502	-14.151	-12.739	-11.261	-9.716	-8.100	-6.409	-4.641	-2.790	-854
Coste inicial		16.794 €									
Ahorro en mantenimiento		191	195	199	203	207	211	215	219	224	228
Ahorro en consumo		1.101	1.156	1.214	1.275	1.338	1.405	1.476	1.549	1.627	1.708
Flujos de Caja Operativos		- 16.794€	1.292	1.351	1.413	1.477	1.545	1.616	1.691	1.769	1.936
TIR - Tasa Interna Rentabilidad del Proyecto		-1%									
VAN - Valor Actual Neto del Proyecto		-7.337 €									

Tabla 16. Evaluación económica sustitución downlight con sistema de control.



Según las características de las zonas con este tipo de iluminación se ha observado la posibilidad de incorporar un sistema de iluminación capaz de regular el flujo luminoso, disminuyéndolo según la presencia de personas en la zona.

Se propone la utilización de la luminaria *LuxSpace Mini BBS480 PSD*, que es regulable y un sistema de control *AccuSwitch DALI* como elemento controlador, en la zona donde existe una utilización durante 8.760 horas al año. Estos sistemas se encargan de disminuir el consumo de la luminaria hasta un 75%, puesto que se trata de una zona de paso de personal.

No obstante como se indica en la anterior tabla, aunque los ahorros son ligeramente mayores la inversión es mucho mayor, lo que propicia un periodo de amortización elevado.

3. MAE-IL Sustitución de lámparas halógenas por lámparas de tecnología LED.

Ineficiencias observadas

Para la iluminación del acceso a los baños hay instaladas lámparas incandescentes halógenas de 50 W, con transformador a 12 V con un encendido de aproximadamente 153 horas/año, debido a la instalación de un sensor de control de presencia.

Este tipo de lámparas incandescentes tienen un coste inicial menor que otras lámparas, pero a lo largo de su vida útil tienen un mayor coste funcional además de un mantenimiento más frecuente y costoso.

Su rendimiento es bajo, en torno a 20 lm/W, aumentando el consumo en iluminación y las cargas térmicas de la oficina en el periodo de refrigeración ya que del total de energía consumida aproximadamente el 80 % se transforma en calor disipado en el ambiente. Además el número de horas de vida útil es reducido, en torno a 2.000 horas.

Por ello, no solo hay que considerar el precio inicial de adquisición de las lámparas a utilizar en una instalación. Es necesario tener en cuenta los costes de mantenimiento y reposición y no siempre las lámparas con un precio inicial alto resultan caras a medio o largo plazo.

Características de la solución propuesta.

La medida de ahorro energético propuesta consiste en la su sustitución por lámparas de tecnología LED.

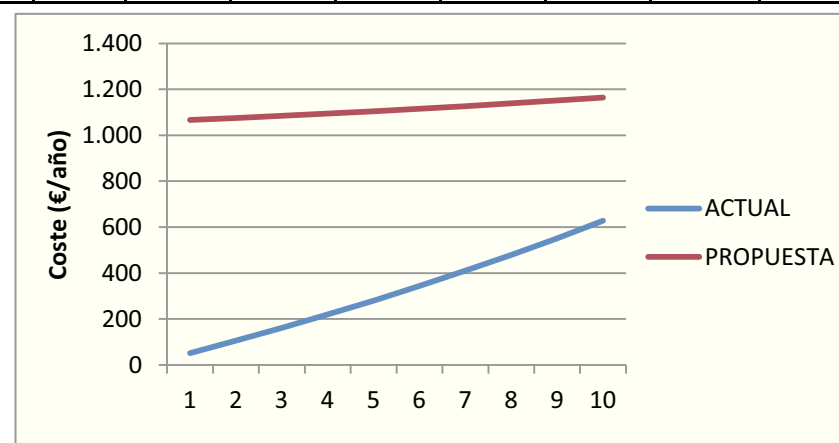
Su rendimiento energético (lm/W) mejorado permite la sustitución directa de un sistema de lámpara halógena de 50 W por otro de tecnología LED de 4 W o 6 W, aumentando además la vida útil a 50.000 horas.

Se propone la sustitución de todos los equipos halógenos, con un consumo actual de 207 kWh/año, que suponen un elevado coste económico anual tanto por consumo energético como por labores de mantenimiento. Los equipos LED que se proponen permiten ahorros de aproximadamente 45 €/año entre consumo y mantenimiento, con una inversión de 1.058 €. A continuación se muestra la tabla resumen con los datos económicos obtenidos, en los que se puede observar un periodo de tiempo de amortización excesivamente elevado debido al sistema de control de encendido que en la actualidad tienen ya este tipo de lámparas.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTAS DE SUSTITUCIÓN DE HALÓGENOS											
RETORNO DE LA INVERSIÓN		23,5	años								
ACTUAL	AÑO 1		AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
	Coste Mto.	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15
	Coste Energía	39	41	43	45	47	49	52	54	57	60
	Coste Total	52	105	161	220	281	344	411	480	552	627
PROPUESTA	Coste Inicial	1.058	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coste Mto.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coste Energ.	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13
	Coste Total	1.066	1.075	1.085	1.094	1.105	1.115	1.127	1.139	1.151	1.164
	Retorno Inv.	- 1.015	-970	-923	-875	-824	-771	-716	-659	-599	-537
Coste inicial		-1.058 €									
Ahorro en mantenimiento		13	13	13	14	14	14	14	15	15	15
Ahorro en consumo		30	32	33	35	37	39	41	43	45	47
Flujos de Caja Operativos		-1.058€	45	47	49	51	53	55	57	60	62

TIR - Tasa Interna Rentabilidad del Proyecto	-11%
VAN - Valor Actual Neto del Proyecto	-748 €

Tabla 17. Evaluación económica de la propuesta de sustitución de halógenas.



4. MAE-IL Regulación de la iluminación en función de la presencia

Ineficiencias observadas

Actualmente la iluminación de los despachos permanece constantemente conectada durante el periodo de tiempo de trabajo, conectándose al comienzo de la jornada, por parte de los empleados de cada despacho.

En despachos, existen periodos de tiempo en los que la iluminación está conectada sin presencia, debido a la salida de alguno de los trabajadores del despacho (café, comida, reuniones, etc.)

Características de la solución propuesta.

Se propone la instalación de equipos que permitan controlar la iluminación en función de la presencia de trabajadores en el despacho.

Con ello se conseguiría el encendido de la luz únicamente cuando se detecte presencia de personas en el despacho.

Para ello resulta necesaria la instalación del equipo detector de presencia, asociado al interruptor automático que conecta cada circuito de iluminación. El detector con tecnología PIR (detección infrarroja + pasiva) y cobertura de 360 ° estaría empotrado en el techo y asociado a un botón pulsador estándar para encender la luz manualmente.

Al encender el sistema el detector comprueba si hay ocupantes.

El equipo propuesto del fabricante LEGRAND consiste en un detector modelo DETECTOR DUAL 360°, 90M²empotrable.

Los estudios realizados por LEGRAND basados en el cálculo del ahorro como consecuencia de la instalación de este equipo, según marca la UNE 15193, es posible reducir el consumo de energía alrededor de un 10 %, debido a las características de trabajo en los despachos del edificio CIRCE.

Evaluación energética y económica de la solución propuesta.

Se propone la regulación de cada uno de los despachos, la biblioteca, el office y conserjería, en los que se encuentra un total de 111 puntos de luz, con una potencia de 9,9 kW, y un consumo de 27.102,37 kWh/año, de tal forma que se pueden conseguir ahorros del 10%.

Se ha calculado el ahorro de energía conseguido sobre el sistema actual y teniendo presente los efectos cruzados sobre el sistema anteriormente propuesto del cambio a luminarias LED. Estos sistemas de ahorro tienen unas necesidades de inversión aproximadas de 120 € por equipo de control de presencia, debiendo situar un equipo en cada despacho.

SISTEMA PROPUESTO PARA DESPACHOS					
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
662,5	99	199	2.880	10%	Ahorro con la implantación de tecnología LED
2.710	407	813	2.880	10%	Ahorro con tecnología actual

INDICADORES ECONÓMICOS			
PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)	Comentarios
29	-12%	-2.141	Tecnología LED
7	11%	144	Tecnología actual

Tabla 18. Propuesta de regulación de la iluminación en función de la presencia.

5. MAE-IL Sectorización de la iluminación por despacho.

Ineficiencias observadas

Actualmente la totalidad de la iluminación de cada despacho, o zona de trabajo se conecta a través de un único interruptor, de esta forma, en caso de precisar iluminación únicamente en la zona del despacho más alejada de la iluminación natural, se deben encender el total de las luminarias del despacho.

Prácticamente la totalidad de los despachos tienen acceso de luz natural, por lo que en algunos momentos la iluminación existente puede estar por encima de los 800-900 lux, en las zonas cercanas a las ventanas. Sin embargo, el sistema actual de control no permite la desconexión de circuitos de alumbrado según zonas o puestos de trabajo, a través de interruptores manuales, lo que impide la desconexión por puestos o áreas, e incluso en el caso de que únicamente este un empleado trabajando, la totalidad de la iluminación del despacho está conectada.

Características de la solución propuesta.

Se propone la sectorización de despacho en dos diferentes zonas/circuitos de forma que se pueda desconectar una o más líneas de luminarias en el caso de no ser precisas debido al acceso de luz natural o por la presencia de menos trabajadores.

Esta medida es compleja de definir de forma exacta ya que el nivel de ocupación de los puestos de trabajo es variable. En cualquier caso se plantea la adaptación del circuito único actual de cada despacho en 2 circuitos diferenciados.

Comparando las horas de sol en la ciudad de Zaragoza (registradas según horarios: amanecer y ocaso solar), se puede observar la existencia de muchas horas con presencia de luz solar durante la jornada laboral.

Este tipo de sectorización servirá para poder hacer uso de sistemas de control de la iluminación en función de la luz natural de forma manual, aprovechando las horas de luz natural.

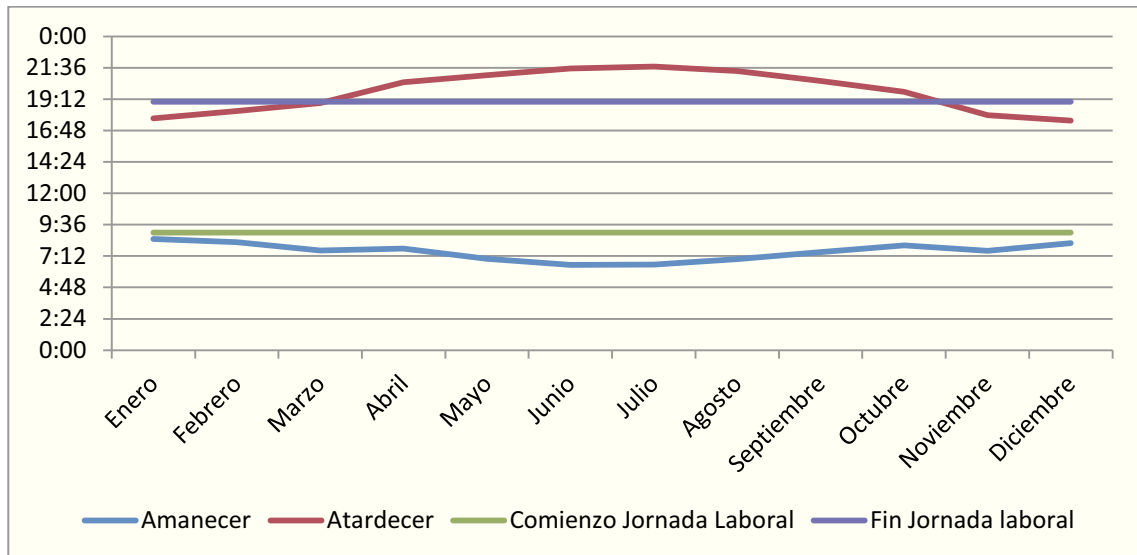


Figura 10. Gráfica comparativa entre el "horario solar" y el horario laboral aproximado.

Valoración energético-económica

La inversión a realizar es de aproximadamente 80€ por despacho, puesto que al encontrarse la totalidad de la instalación de iluminación vista, las acciones a realizar son sencillas.

Debido a la buena orientación del edificio, con la práctica totalidad de los despachos situados en orientación sur y este, se espera que las luminarias junto a la línea de ventanas estén desconectadas aproximadamente 6 horas/día laboral.

Para el cálculo de esta medida se han tenido presentes las distintas acciones de ahorro que pueden existir:

SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA LED				
Consumo actual (kWh/año)	Coste económico actual (€/año)	Potencia actual (kW)	Potencia "Apagada en horas de sol" (kW)	Comentarios
6.625	993	4,8	2,4	Tecnología LED
27.102	4.065	9,9	4,9	Tecnología actual

Tabla 19. Situación actual de la iluminación en despachos y propuesta de iluminación LED.

SISTEMA PROPUESTO PARA DESPACHOS					
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
3.556	533	1.067	1.920	53%	Tecnología LED
7.261	1.089	2.178	1.920	27%	Tecnología actual

INDICADORES ECONÓMICOS			
PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)	Comentarios
3,6	53%	5.040	Tecnología LED
1,8	61%	6.183	Tecnología actual

Tabla 20. Características de ahorro con sectorización de iluminación en despachos.

También se plantea la posibilidad de colocar un sistema de iluminación individual de bajo consumo por puesto de trabajo, de esta forma se pueden sectorizar de forma manual la iluminación según los trabajadores y las necesidades de cada uno de los puesto de trabajo.



Imagen 7. Sistema de iluminación individual por puesto de trabajo.

Se propone la colocación de un sistema de “flexo” por mesa, similar al que aparece en la figura adjunta. Se trata de luminarias ajustables, que incorporan un sistema de iluminación mediante LED.

El coste aproximado de cada unidad por puesto de trabajo es de aproximadamente 40€, y el consumo de cada una de ellas se encuentra alrededor de los 15W/luminaria.

En este caso se plantea que el total de la instalación de la iluminación del despacho estaría apagada, y únicamente se utilizaría la iluminación de estos equipos de mesa en aquellas zonas con una menor iluminación, encontrándose en la zona más alejada de la luz natural.

SISTEMA ACTUAL Y PROPUESTO				
Consumo actual (kWh/año)	Coste económico actual (€/año)	Potencia actual (kW)	Potencia de puntos de mesa conectados en horas de sol (kW)	Comentarios
6.625	993	4,8	1,1*	Tecnología LED
27.102	4.065	9,9	1,1*	Tecnología actual

Tabla 21. Características del sistema actual y propuesta LED.

*Considerando una media de 3 puestos por despacho y una potencia de lámpara de 15 W, con uso 6 horas/día.

SISTEMA DE ILUMINACIÓN INDIVIDUAL					
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
5.483	822	1.645	3.840	83%	Tecnología LED
13.041	1.956	3.912	3.840	48%	Tecnología actual

INDICADORES ECONÓMICOS			
PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)	Comentarios
4,5	21%	2.279	Tecnología LED
2	55%	10.713	Tecnología actual

Tabla 22. Características de la medida de iluminación individual.

Cabe destacar que se plantea que la totalidad de las mesas de trabajo deberían de adquirir la iluminación individual; sin embargo, según se ha observado, algunos puestos de trabajo ya incorporan este sistema de iluminación.

6. MAE-IL Regulación encendido iluminación exterior

Ineficiencias observadas

Actualmente, el encendido del alumbrado exterior se controla desde conserjería, mediante un interruptor automático con temporizador, de manera que se programa para que se encienda a una hora de la tarde y se apague a la mañana siguiente. Las horas de encendido y apagado dependen de la época del año, siendo aproximadamente las siguientes:

Época del año	Encendido	Apagado
Octubre - Abril	18:00	8:00
Mayo - Septiembre	20:00	7:00

Tabla 23. Horas de encendido/apagado iluminación exterior.

La iluminación exterior es de 2,3 kW de potencia por lo que resulta importante ajustar su uso a las necesidades. Observando el horario de orto y ocaso facilitado por el Ministerio de Industria y la programación establecida de forma anual, se observa el siguiente gráfico:

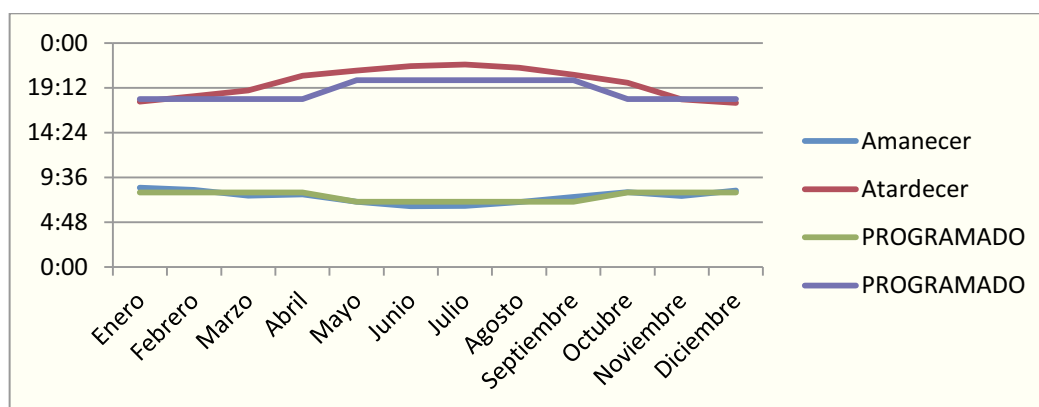


Figura 11. Diferencias entre programado y orto y ocaso real.

Observando la gráfica se establece una descoordinación aproximada de unas 340 horas/año.

Características de la solución propuesta.

Se propone la colocación de un reloj astronómico en el cuadro de mando y control de la instalación. En el que está implementado el horario de orto y ocaso diario según su situación, por lo que se debe ajustar al 100% a las necesidades.

SISTEMA DE REGULACIÓN DE ILUMINACIÓN EXTERIOR							
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
782	63	235	50	7%	0,79	131%	419

Tabla 24. Ahorros conseguidos con sistema de regulación de iluminación exterior.

3.2 Medidas de ahorro energético en climatización.

1. MAE – HVAC Control automático de toldos.

Ineficiencias observadas

Se ha observado que el despliegue de los toldos de protección de los pasillos y ventas de fachada debe realizarse de forma manual, a través del personal de consejería, de forma que la evaluación del soleamiento depende de la persona encargada. No realizándose dicha actuación fuera del horario lectivo de la Universidad de Zaragoza.



Imagen 8. Imagen de los toldos a controlar

También se ha detectado de forma esporádica la no utilización de los toldos de los invernaderos, de forma que debido a las características constructivas de estos elementos pasivos, las temperaturas que se registran en ellos son muy elevadas, introduciendo calor al edificio durante el verano.

Características de la solución propuesta.

Se propone la utilización de un sensor de control del toldo, que incorpora un medidor de intensidad de radiación, capaz evaluar las necesidades de sombreamientos en función de un parámetro pre-fijado. De esta forma el sensor sería el responsable del control del toldo asegurando mediante la correcta programación el mejor aprovechamiento solar.



Figura 12. Ejemplo del equipo de control automático de toldos.

Un ejemplo del sistema propuesto es de la casa comercial *Sublimex Tubular Motors*, este sistema incorpora todos los elementos citados en un mismo equipo de control, que deberá situarse uno equipos en un lugar representativo, cercano a los toldos.

La inversión necesaria es baja, debido a que únicamente se debe colocar un sistema de control de los toldos ya motorizados. Se estima un coste aproximado de 300€, debido a las necesidades de personal, equipo y cableado de la instalación.

Las capacidades de ahorro de este sistema se estiman en aproximadamente un 3% - 5% respecto al consumo del sistema de refrigeración del edificio. No obstante, este ahorro depende del comportamiento pasivo del edificio, el uso de las instalaciones, etc.

SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TOLDOS							
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
291,4	43,71	87,42	300	5%	6,9	12%	25

Tabla 25. Ahorros conseguidos con sistema de control automático de toldos.

Debido al bajo consumo del edificio en refrigeración y el actual control manual que se realiza por parte de consejería, el ahorro estimado es bajo, precisando de un amplio periodo de amortización.

2. MAE-HVAC Control de temperaturas de consigna máximas y mínimas

Ineficiencias observadas

Las instalaciones de climatización del edificio, presentan un control de la disponibilidad de suministro a través del personal de manteniendo, el cual regula la posibilidad de que los usuarios enciendan la instalación desde el termostato de cada despacho. Esto se realiza en función de los horarios prefijados por la Universidad de Zaragoza.

También se ha observado la existencia de unas temperaturas de consigna en los termostatos de control del sistema de refrigeración del edificio discordantes con las marcadas por el RITE y que a continuación se detallan.

En cuanto a las temperaturas de consigna, en el caso de España, cabe destacar la aparición del R.D. 1826/2009, de 27 de noviembre publicado en B.O.E. el 11 de diciembre de 2009, el cual establece la obligación de limitar las temperaturas a mantener en el interior los establecimientos de edificios y locales climatizados destinados a usos administrativos, con el fin de reducir su consumo de energía, a través de modificaciones que afectan a determinados preceptos del RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios) y que afecta a este tipo de instalaciones.

En concreto, en los casos en los que se requiera consumo de energía convencional, se limita a 21º C la temperatura del aire en los recintos calefactados y se establece que dicha temperatura no será inferior a 26º C para los recintos refrigerados.

Como se ha indicado, en los despachos, existe un control individual de la instalación de climatización, de forma que es el usuario el encargado del control de la instalación de climatización.

Características de la solución propuesta.

Es importante regular adecuadamente la temperatura del puesto de trabajo a unos niveles óptimos para mantener el confort de los empleados y evitar consumos de energía innecesarios. Las temperaturas óptimas que mantienen el confort y el consumo eficiente en equilibrio, serían 21ºC en invierno y 26ºC en verano. Según la climatología en España, cada grado de refrigeración que haya por debajo de 26ºC, se está consumiendo de forma innecesaria un 8% más de energía y por cada grado superior a 21ºC en calefacción se está consumiendo un 7% más.

El ahorro, dependerá, en todo caso, de las características particulares de cada edificio y de la zona climática en la que esté ubicada.

Se plantea la limitación de los termostatos de control de los sistemas de climatización a una temperatura de consigna acorde con la normativa anteriormente citada, de tal forma que no puedan rebasarse los 22ºC en los termostatos designados al control de calefacción y no puedan disminuirse los 25ºC en el caso de los de refrigeración.

Valoración económica

Para la valoración económica y a partir de las temperaturas de consigna observadas, se establece una discordancia de 1-2°C entre la temperatura de consigna establecida en los termostatos de control y la temperatura anteriormente recomendada.

Por lo que se han calculado los siguientes ahorros:

SISTEMA PROPUESTO PARA REFRIGERACIÓN						
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO₂/año)	COSTE (€)	PAY BACK (AÑOS)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
466,24	70	140	0	-	8%	REFRIGERACIÓN
-	-	-	-	-	7%	CALEFACCIÓN

Tabla 26. Características de ahorro del sistema propuesto para refrigeración.

Al haberse realizado el presente estudio en época de verano, no se ha podido comprobar el comportamiento exacto de la instalación de calefacción. No obstante, se espera un comportamiento similar en el personal.

3. MAE-HVAC Control automático de encendido y *stand by* del sistema de refrigeración.

Ineficiencias observadas

Como se ha indicado en el presente documento el sistema de clima presenta un sistema de automatización que enciende/apaga el sistema de climatización en función de un horario prefijado.

Se ha detectado a través del análisis de la curva de carga del sistema de climatización, que este sistema de control permite la conexión de los equipos desde primera hora de la mañana hasta las 18.00 horas, permaneciendo totalmente desconectadas hasta las 0.00h cuando se reinicia el estado “modo en espera” pudiendo conectarse en caso de actuar sobre el termostato, permaneciendo en este modo el fin de semana completo. Debido a este control, conviene destacar que se ha observado la conexión de los equipos los fines de semana, con un consumo aproximado de 19,37 kWh/día festivo.

Durante el tiempo en el que la instalación de clima se encuentra funcionando en modo espera, se ha observado que demanda una potencia constante de 300 W. Esto es debido al circuito de maniobra que tienen todas las máquinas de respuesta automática, es decir, se trata del sistema que permite el “apagado activo de la máquina” de tal forma que el sistema mantiene controlado a una temperatura determinada el cárter de aceite de cada compresor frigorífico. Para esto, algunos equipos disponen de unas resistencias externas en forma de cinta y otros "inyectando" impulsos a baja frecuencia a las bobinas del compresor a través del variador (sistema inverter) sin que sea lo suficiente para que éste comience a girar demandando una mayor potencia.

Características de la solución propuesta.

Con el fin de eliminar este consumo innecesario en las horas fuera del horario laboral, se debe colocar un dispositivo de corte automático que desconecte el magneto-térmico del cuadro eléctrico de control de cada una de las máquinas que integran el sistema de climatización de forma que se desconecten totalmente, eliminando por completo el consumo del edificio en *stand by* (8 horas durante la noche en época de verano (15 de Junio a 10 septiembre, aprox.), y todo el día el resto del año. (El ahorro ha sido calculado para el cuadro principal).

SISTEMA PROPUESTO PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO EN STANDBY DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN					
Horas de funcionamiento en Stand by	Consumo en Stand by (kWh/año)	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)
7.368	2.210	2.210	177	663	*50€

INDICADORES ECONÓMICOS		
PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
0,3	359%	1.267

Tabla 27. Características del sistema propuesto para eliminar el consumo en stand by.

Los ahorros obtenidos debido a la utilización del sistema propuesto son de 2.210 kWh/año, equivalentes a 177 €/año, con un periodo de retorno de 0,3 años.

Como inversión* únicamente se contempla la intervención de un técnico de mantenimiento que reconfigure/sustituya el equipo de control de la instalación.

En el caso de la conexión del sistema de climatización fuera del horario laboral, no se ha planteado la desconexión del sistema debido a la presencia de trabajadores durante este tiempo, por lo que se deja a la elección de la organización.

SISTEMA PROPUESTO PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO EN DIAS FESTIVOS						
Días festivos/año	Días festivos en periodo de refrigeración	Consumo medio día festivo (kWh/año)	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)
118	27	19,37	522	41,76	156,6	*50€

INDICADORES ECONÓMICOS		
PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
1,2	88%	261

Tabla 28. Sistema propuesto para eliminar consumo stand by días no laborables.

También se propone complementar el sistema de control automático de encendido del sistema de climatización, a través de una sonda de temperatura exterior, que inhabilite la conexión de los equipos de frío en caso de la que la temperatura exterior sea menor a la temperatura de confort de 25°C. De tal forma que se pueda producir una ventilación natural del edificio a través de la apertura de las ventanas de los despachos.

Observando la evolución de temperaturas medias exteriores, en el periodo de encendido del sistema de refrigeración de 2012, se puede observar un total de 41 días con una temperatura media menor a 26°C, no obstante, a lo largo del día, principalmente a las horas centrales, sí que se precisará del encendido de los equipos.

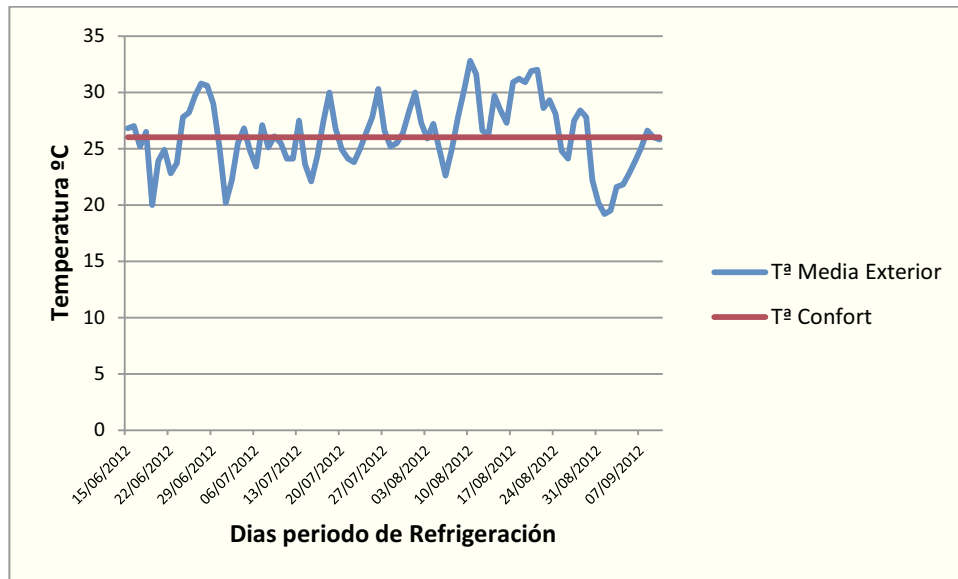


Figura 13. Gráfica comparativa entre temperatura media exterior y temperatura de confort marcada por el R.I.T.E.

Esta limitación de funcionamiento puede ser sustituida por un protocolo de actuación de los trabajadores, en el que se utilicen al máximo las posibilidades de refrigeración pasiva del edificio.

1. RE-HVAC Mejoras en el manto vegetal

Ineficiencias observadas

Se han observado deficiencias en el mantenimiento de la cubierta vegetal del edificio. Esta cubierta vegetal produce importantes mejoras en el comportamiento térmico del mismo. Se disminuyen las pérdidas de energía a través de la cubierta debido al aislamiento térmico que proporciona la tierra vegetal y durante el verano son menores las ganancias solares debido a la inercia térmica del manto vegetal. Este efecto supone un aumento de las condiciones de confort y un ahorro energético en el sistema de climatización del edificio.

Asimismo, las cubiertas vegetales mejoran estéticamente el edificio y el microclima del entorno, reduciendo el efecto "isla de calor" y mejorando la calidad del aire al absorber CO₂ y proporcionar O₂.

Al encontrarse en mal estado este manto vegetal, el funcionamiento térmico pasivo de esta parte del edificio se ve considerablemente afectada, además de poder ocasionar problemas técnicos de la envolvente.

También conviene destacar que la vegetación de hoja caduca planteada en el proyecto del edificio rodeando todo el perímetro del edificio, se encuentra en un estado de muy bajo crecimiento.

Esta vegetación tiene una serie de características que permiten mejorar el comportamiento de los edificios y hace que mejoren las condiciones ambientales a su alrededor:

- Regulación de la temperatura (mejora el microclima).
- Protección contra el ruido.
- Mejora de la calidad del aire.
- Protección del viento.
- Protección solar y aislamiento térmico.

Características de la solución propuesta.

Se propone la restauración del sustrato vegetal de la cubierta del edificio, además de la recuperación, replantación y aumento de la vegetación perimetral del edificio.

Las capacidades de ahorro de estos sistemas vegetales son difíciles de cuantificar, ya que dependen de multitud de variables, debiéndose verificar de forma experimental, mediante mediciones in situ.

3.3 Medidas de ahorro energético en ofimática.

1. MAE-OF Disminución del consumo energético en *stand by*.

Descripción de la Medida de Ahorro Energético

Al acabar la jornada laboral, muchos ordenadores, monitores, impresoras... siguen consumiendo energía aunque nadie los use al permanecer en posición *stand by* (con el piloto luminoso encendido), e incluso aunque estén apagados del todo, por el simple hecho de permanecer conectados a la red. Algunos dispositivos ópticos, como teclados o ratones, siguen también encendidos aunque se haya apagado el ordenador. Por eso es importante desconectar todos los equipos por completo de la red.

Para evitar estos “consumos fantasma” tan habituales en un edificio y asegurarse de que no se producen consumos de energía innecesarios en modo espera durante las ausencias nocturnas, festivos y fines de semana, se recomienda conectar todos los equipos de una zona de trabajo en una base de enchufes múltiple, o regleta, con interruptor, de manera que al acabar la jornada laboral se puedan apagar todos a la vez de la toma de corriente pulsando el interruptor de la regleta.

Cabe destacar que la utilización de regletas con filtro de red, aportaría seguridad a la instalación eléctrica y fiabilidad a los equipos, puesto que este tipo de regletas evitarían fluctuaciones bruscas en la tensión de la red eléctrica y minimizarían también la posibilidad de fallo de las fuentes de alimentación lo que alargaría su vida útil y evidentemente reduciría costes de mantenimiento.



Imagen 9. Regletas con interruptor: izquierda – con filtro de red; derecha – sin filtro de red.

También pueden usarse enchufes programables que permiten el apagado y encendido automático de todos los equipos conectados a ellos, dentro de los horarios seleccionados por los usuarios, evitando así tener que apagar manualmente la regleta o incorporar su desconexión al sistema de gestión del edificio de la misma forma que se hace con el sistema de climatización.

En el mercado también pueden encontrarse regletas protectoras, que mediante una conexión USB apagan o encienden los periféricos del ordenador (o del equipo de multimedia) cuando este se enciende o apaga. Igualmente, muchos dispositivos ópticos en el mercado incorporan una función de ahorro de energía mediante la cual se apagan automáticamente pasados 30 minutos de inactividad.

Evaluación energética y económica de la solución propuesta.

Se propone la instalación de regletas con filtros de red, a cada una de las cuales se conectarán los equipos ofimáticos de la zona de trabajo correspondiente.

Se han contabilizado 28 salas en las que se trabaja con equipos de ofimática, incluyendo todos los despachos y oficinas, la conserjería, el laboratorio IER y la sala de informática, colocándose un promedio de dos regletas en cada sala. Se ha estimado que el coste unitario de las mismas es de 20 € para una regleta de cinco conexiones con filtro de red.

La instalación de ofimática tiene una demanda de potencia algo inferior a los 10 kW y presenta un consumo de unos 18.200 kWh/año. Con la medida que se propone, se pueden conseguir ahorros de hasta el 30%, ya que como se ha mostrado en la revisión energética, una parte importante del consumo de energía en *stand by* proviene de los equipos ofimáticos y su conexión tras la jornada laboral.

La estimación del ahorro económico se ha calculado considerando un coste de la energía eléctrica de 0,08 €/kWh, puesto que el ahorro de energía eléctrica se produce fundamentalmente en periodos fuera del horario laboral (horas valle). Se ha estimado un ahorro máximo del 30%.

SISTEMA PROPUESTO PARA ELIMINAR EL CONSUMO EN <i>STAND BY</i> DE EQUIPOS OFIMÁTICOS							
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO₂/año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
2.730	220	820	1.120	30%	2,5	19%	505

Tabla 29. Ahorros en el consumo de ofimática.

Otras recomendaciones:

Otro sistema de ahorro en equipos ofimáticos es la correcta configuración de estos, con el fin de que presenten el menor consumo. Para ello se debe configurar el modo energía del ordenador de tal forma que en momentos de inactividad, el equipo reduzca al máximo su consumo. Las recomendaciones de configuración son las siguientes:

- Apagar el monitor: 5 minutos de inactividad.
- El sistema hibernará: 15 minutos de inactividad.

Por último, se adjunta a continuación una tabla explicativa acerca de cómo gestionar el equipo al finalizar el trabajo.

TABLA RESUMEN FUNCIONES AHORRO DE ENERGÍA EN ORDENADORES			
	CARACTERÍSTICAS	ESTADO AL VOLVER A UTILIZAR EL ORDENADOR	¿CUÁNDO UTILIZARLO?
SUPENDER	Interrumpe el suministro de energía en todos los elementos, salvo en la memoria RAM. Permite seguir descargando información y ejecutando los programas activos.	El sistema vuelve al mismo estado antes de suspenderse, en pocos segundos. Si hay un corte de luz se pueden perder los datos y trabajos activos que no se hubieran guardado	<ul style="list-style-type: none"> · En periodos cortos que no se use el equipo (10-30 min). · Ahorrar energía de las baterías en los portátiles.
HIBERNAR	Guarda una imagen del escritorio con todos los archivos y documentos abiertos y desconecta la alimentación del equipo.	Los archivos y documentos se abren en la misma ubicación y estado en que se encontraban previamente, sin perder los trabajos ante cortes de luz.	<ul style="list-style-type: none"> · Durante periodos largos de inactividad. · Evita tener que cerrar todos los archivos, apagar, reiniciar y volver a abrir los archivos
APAGAR	Apaga por completo el sistema.	El sistema se reinicia por completo.	<ul style="list-style-type: none"> · Para pausas largas de más de 1 hora. · Al finalizar la jornada.

Tabla 30. Tabla resumen de funciones de ahorro de energía en ordenadores.

Como medida de bajo coste, se recomienda llevar a cabo una campaña de divulgación de estos criterios de utilización de los equipos informáticos. Formando a los empleados en este sentido se pueden alcanzar ahorros de entre el 10 y el 20% de la energía.

1. RE-OF Adquisición de equipos más eficientes.

Descripción de la Medida de Ahorro Energético

A la hora de plantear la compra de equipos informáticos, se recomienda considerar el consumo energético de los equipos optando por aquellos que poseen un mayor rendimiento energético y que pueden llegar a consumir un 50 % menos de energía que un equipo convencional.

Además, se recomienda la comprobación de la existencia en los ordenadores de la etiqueta "EnergyStar". Esta etiqueta indica que los dispositivos electrónicos tienen la capacidad de entrar en un modo de baja energía o "modo reposo" después de un periodo de actividad.

Características de la solución propuesta.

Se recomienda tener en cuenta criterios de eficiencia energética a la hora de adquirir nuevos equipos, de tal forma que otro de los factores para determinar el modelo de compra sea su consumo de energía.

Para consultar una muestra de los equipos más eficientes del mercado se puede acudir a la página Top-ten Europa (www.topten.eu) correspondiente a un proyecto europeo encuadrado dentro del programa "IntelligentEnergyforEurope".

3.4 Medidas de ahorro energético en resto de equipos eléctricos.

1. MAE-OEE Diminución del consumo energético en ascensores

Ineficiencia observada

Como se ha indicado anteriormente en la presenta revisión energética, el ascensor presenta un nivel de utilización mínimo. Sin embargo, su iluminación interior, formada por dos fluorescentes tubulares de 18 W, permanece encendida 24 horas al día y 365 días al año.

Características de la solución propuesta

La normativa vigente para ascensores¹ establece que: “En ascensores equipados con puertas automáticas se puede apagar la luz de cabina si la cabina está aparcada con puertas cerradas.”

La solución que se propone para mitigar este consumo de energía continuo es incorporar un detector de presencia. El dispositivo propuesto, con tecnología PIR (detección infrarroja + pasiva) y cobertura de 360 °, es el mismo que en el caso de los despachos: equipo del fabricante LEGRAND, consistente en un detector modelo DETECTOR DUAL 360°,90M²empotrable. El precio unitario del equipo que se plantea asciende a unos 120 €.

SISTEMA PROPUESTO PARA EL ASCENSOR					
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
395	60	119	120	100%	Se ha considerado un ahorro del 100 % debido a la utilización mínima del ascensor.

INDICADORES ECONÓMICOS		
PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
2	54%	326

Tabla 31. Características del sistema propuesto para el ascensor.

¹ Real Decreto 88/2013, de 8 de febrero, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria AEM 1 “Ascensores” del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, aprobado por el Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre.

1. RE-OEE Diminución del consumo de los equipos del Office.

Características de las medidas propuestas

El consumo de los electrodomésticos tiene una gran importancia. Por ello, la Unión Europea propuso una iniciativa que contribuyera al ahorro energético y a disminuir así la emisión de gases de efecto invernadero: el etiquetado energético.

El objetivo de esta medida es informar a los clientes sobre la eficiencia y el consumo de energía del electrodoméstico durante su funcionamiento. De esta forma, un cliente puede considerar el consumo energético como una variable más a la hora de la elección de equipos.

El etiquetado energético clasifica a los electrodomésticos en siete grupos (nueve para frigoríficos) según su nivel de eficiencia, que se indica con una letra desde la A a la G (los frigoríficos incluyen la clase A+ y A++). En la siguiente figura se explica el código empleado en las etiquetas:

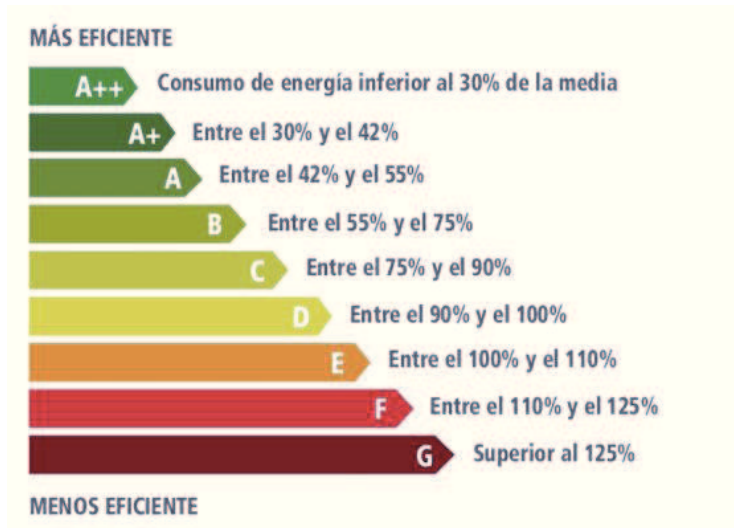


Figura 14. Interpretación de la etiqueta energética.

La diferencia de precio entre un aparato de la clase A y otro de la clase C se amortiza en cinco años, debido al ahorro energético.

- Opciones de ahorro en el frigorífico:

El frigorífico es uno de los electrodomésticos que más electricidad consume. Al tener un uso continuo, tiene un consumo apreciable, aunque su potencia no sea muy grande unos 200 W. Por este motivo, se presentan algunas recomendaciones prácticas para reducir el consumo del mismo.

A diferencia de otros aparatos, las prestaciones del frigorífico dependen de las condiciones del lugar donde se ubique. Es necesario permitir la circulación de aire por la parte trasera del frigorífico y que esté alejado de focos de calor o de la radiación solar directa.

El hielo y la escarcha son aislantes y dificultan el enfriamiento en el interior del frigorífico (la formación de escarcha de cinco milímetros de espesor puede aumentar el consumo energético en un 30%). Por ello, es necesario descongelar con regularidad el congelador.

Además, existen modelos, los llamados "no-frost" o sin escarcha, que tienen una circulación continua de aire en el interior que evita la formación de hielo y escarcha.

Por otro lado, es importante no introducir alimentos calientes, así como asegurarse de que las puertas estén herméticamente cerradas y mantenerlas abiertas el mínimo tiempo posible.

En cuanto a las temperaturas de consigna, estas no deben ser demasiado bajas. Los valores recomendados son los siguientes:

- Frigorífico: 5 °C.
- Congelador: -18 °C.

3.5 Medidas de gestión de consumos.

1. MAE- GE Monitorización y control de consumos

Situación actual:

Las tecnologías actuales permiten numerosas soluciones para facilitar la labor de mantenimiento de las instalaciones y gestión de los consumos de las mismas. Además, la visualización de la demanda de energía permite anticiparse a posibles averías y errores antes de que los usuarios se percaten.

Cada instalación requiere un tratamiento especial o unos horarios específicos, como ocurre con la refrigeración y la iluminación. Un sistema remoto permite poder hacer cambios y obtener información, permitiendo ajustar individualmente parámetros de los sistemas para un mayor confort de los usuarios.

Los sistemas de monitorización y control son sistemas capaces de obtener información del entorno donde se sitúan para su posterior análisis. En base a este análisis, realizan las acciones pertinentes. Para obtener la información de su entorno hacen uso de una red de sensores. Conviene explicar por separado cada tipo de sistema:

Los sistemas de monitorización permiten hacer un seguimiento de los valores recopilados por todos los sensores que forman la red. Estos sistemas de monitorización deben disponer de una interfaz para visualizar los datos capturados en la pantalla del ordenador, teléfono móvil, etc. También se pueden obtener estadísticas, gráficas, realizar consultas a un historial de datos, etc. Se puede decir que este tipo de sistemas son pasivos ya que el análisis de los datos y posterior control lo realiza el personal competente.

Los sistemas de control permiten, una vez recopilada y analizada la información del entorno, la puesta en funcionamiento de las acciones más adecuadas. En este tipo de sistemas el análisis de los datos y posterior control se realiza de forma automática.

Como se ha indicado antes, estos sistemas necesitan un software que se encargue de recopilar y visualizar los datos medidos, para después procesarlos y actuar en consecuencia. Este tipo de programa informático se denomina *SCADA*, *supervisory control and data acquisition* (supervisión, control y adquisición de datos). Se trata de un software que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Es capaz de actuar en tiempo real sobre los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y controlar el proceso automáticamente. Almacena toda la información que se genera en el proceso y permite su gestión e intervención.

La visualización se puede realizar desde cualquier dispositivo con conexión a internet como puede ser un ordenador, un teléfono móvil, etc. Una de las características más importantes de un SCADA es la posibilidad de generar alarmas, anticipándose así a problemas más graves derivados de ellas.

Un sistema de este tipo hay que saber controlarlo, ya que el exceso de información puede ser un problema si no se sabe procesar. Es una herramienta muy potente que hay que integrar

correctamente con los correspondientes sensores y actuadores que forman parte de los diferentes sistemas a controlar: climatización, alumbrados...

Descripción de la solución propuesta:

Se propone la implantación de un sistema de monitorización de los consumos del edificio a través de la colocación de analizadores de redes en los cuadros eléctricos correspondientes. Dada la imposibilidad de medir separadamente el consumo de iluminación y ofimática, que representan los dos usos principales de la energía en el edificio, se plantea la monitorización por zonas.

Las zonas a medir son las siguientes: cuadro del laboratorio de biomasa, cuadro del laboratorio de integración de energías renovables, cuadro secundario de planta baja y cuadro secundario de planta primera. No se ha incluido la medición del consumo en refrigeración puesto que representa un porcentaje reducido respecto del consumo total.

Además, existe un contador colocado en la línea general de alimentación, por lo que la propuesta incluye la puesta en marcha del mismo y su utilización.

En cuanto al consumo de gas natural, se propone la adquisición de un contador de gas para monitorizar el consumo de calefacción, puesto que es uno de los usos significativos del edificio.

Equipos de monitorización propuestos:

Se plantea la adquisición de analizadores de redes de la marca CIRCUTOR, modelo CVM-Mini-ITF. Se trata de un equipo sencillo y con un precio reducido, pero que cumple con las funciones básicas que se necesitan.



Imagen 10. Analizador de redes modelo CVM-Mini.

Además, se propone también la compra de un dispositivo EDS (Efficiency Data Server), también de la marca CIRCUTOR. Este equipo facilita la gestión de los datos obtenidos de la monitorización, ya que permite conectar los diferentes equipos de medida a él, sin necesidad de software alguno. No se necesita, por tanto, la compra del software de adquisición de datos Power Studio SCADA, también de la marca CIRCUTOR, de precio considerablemente elevado.

De esta manera, se dispone de un sistema de monitorización centralizado, sin necesidad de desplazarse hasta cada instalación para tomar los datos pertinentes.

Para ello, será necesario conectar cada uno de los equipos de medida por cable a los puertos del dispositivo EDS. Este dispositivo es capaz de enviar, de forma inalámbrica o mediante el sistema Ethernet del edificio, toda la información recopilada a un ordenador, desde el que gestionar la monitorización. Además, puede funcionar como autómatas, pudiendo actuar automáticamente sobre los sistemas de medida.



Imagen11. Efficiency Data Server (EDS).

En cuanto al contador de gas natural, no se especifica ningún equipo en concreto. El precio aproximado de un contador de gas para un consumo como el que se tiene en el Edificio CIRCE es de unos 150 €.

Evaluación económica de la solución propuesta:

En la tabla siguiente se presenta la inversión que sería necesario realizar para adquirir los equipos y el software descritos en la propuesta:

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN				
	Modelo	Coste unitario (€)	Número	Coste Total (€)
Analizador de redes	CVM-Mini-ITF	300	4	1.200
Contador de gas natural	Sin especificar	150	1	150
Sistema de control	EDS	550	1	550
Sistema completo				1.900

Tabla 32. Inversión sistema de monitorización de consumos.

Tal y como se ha indicado anteriormente, si se monitorizan y se controlan los consumos energéticos, se pueden detectar rápidamente diferencias importantes con respecto a las previsiones, ya sea por mal funcionamiento de la instalación, horarios incorrectos de conexión o desconexión, etc.

De esta manera, el ahorro energético y económico obtenido es importante. Según los datos que sobre este tipo de sistemas posee el propio fabricante, con el ahorro de energía por la monitorización y control de los consumos es posible reducir el consumo total de las instalaciones entre un 4 y un 8 % dependiendo del grado de monitorización y la complejidad de las instalaciones. Además, esta medida facilita enormemente la recopilación de datos sobre consumos eléctricos de las distintas instalaciones para posteriores revisiones energéticas del edificio y actualización de indicadores.

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE CONSUMOS					
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
6.500	1.000	1.950	1.900	4%	Se considera un ahorro aproximado del 4 % sobre el total del consumo eléctrico del edificio

INDICADORES ECONÓMICOS		
PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
1,9	55%	5.354

Tabla 33. Ahorro con la incorporación de monitorización y control de consumos energéticos.

2. MAE-GE Revisión del protocolo de buenas prácticas.

Tal y como se ha indicado al inicio de la presente auditoría, el edificio CIRCE es un claro ejemplo de arquitectura bioclimática, aplica los principios de la bioconstrucción y tiene como finalidad comportarse como una máquina térmica que proporcione confort en todas las estaciones del año, con el máximo respeto al medio ambiente.

Para alcanzar un aprovechamiento óptimo de los sistemas activos y pasivos que se encuentran integrados en el edificio, es completamente indispensable que todo el personal usuario del mismo cumpla con unas instrucciones de uso o buenas prácticas, para que el edificio funcione tal y como se desea y para el objeto que ha sido diseñado.

Por este motivo, se propone la revisión del actual documento de buenas prácticas del edificio y su difusión a los trabajadores y personal de conserjería, limpieza, mantenimiento, etc. En dicho documento se reúnen los protocolos de actuación para los distintos sistemas e instalaciones, tanto activas como pasivas. Debe describir las pautas a seguir para utilizar de forma eficiente cada uno de los sistemas del edificio en invierno, en verano y en épocas de climatología intermedia.

Con el desarrollo de la medida propuesta se pretende actuar en la disminución de la demanda de energía del edificio para la época de calefacción y refrigeración, siendo especialmente significativo por su peso en el consumo de energía total del edificio en el caso de la calefacción.

REVISIÓN DEL MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS					
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
5.400	475	1.100	900	8-10 %	Se considera un ahorro aproximado del 10 % sobre el total del consumo de gas en calefacción del edificio

INDICADORES ECONÓMICOS		
PAY BACK (AÑOS)	TIR	VAN (€)
1,9	57%	2.365

Tabla 34. Ahorro obtenido en calefacción siguiendo el manual de buenas prácticas.

3.6 Medidas de ahorro energético en facturación.

1. MAE- SE Optimización de potencia contratada

Se ha observado una potencia facturada muy alta respecto a la demanda del edificio, tal y como se observa en la gráfica adjunta, la potencia contratada es de 200 kW (Se factura el 85% de esta potencia, 170 kW), sin embargo la potencia máxima demandada en 2012 fue de 92 kW en el mes de marzo, esto produce un sobre coste en la facturación del edificio.

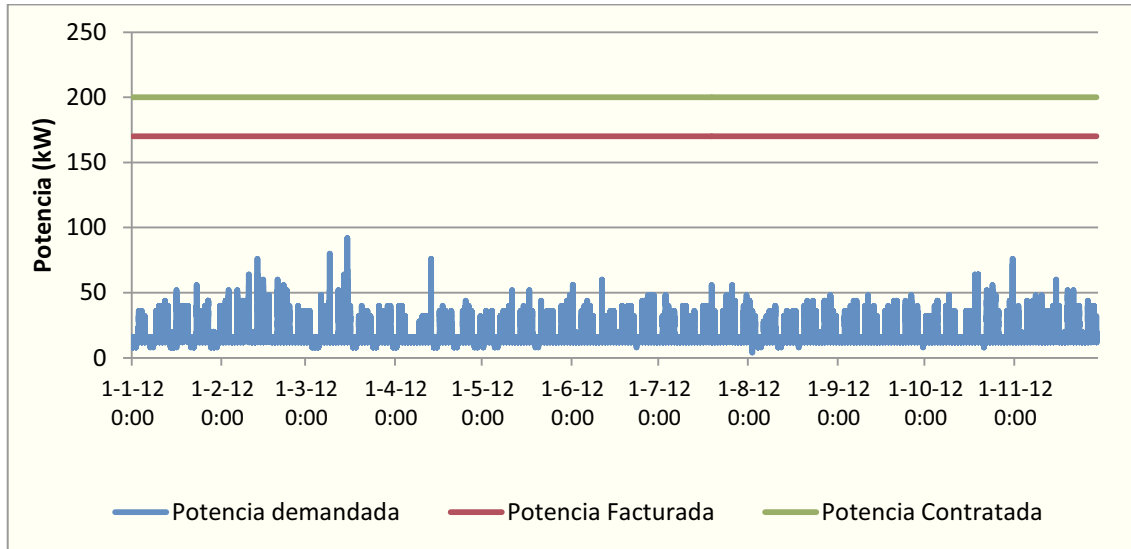


Figura 15. Gráfica anual de demanda y facturación de potencia eléctrica.

A partir de la facturación actual se observa un coste anual de 7.036 €, en concepto de término de potencia contratada, según se muestra en la siguiente tabla.

TARIFICACIÓN EN 3 PERIODOS PARA LAS POTENCIAS ACTUALES (SIN OPTIMIZAR)															
	P. contratada (kW)	(€/kW año)	Máxima potencia demandada (kW)	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Punta	200	23,541922		48	64	40	76	52	56	56	48	44	64	52	52
Llano	200	14,517671		56	76	92	36	52	48	48	40	48	76	60	56
Valle	200	3,329068		24	24	52	40	44	60	48	44	44	48	52	52
POTENCIA FACTURADA (kW)			Punta	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
			Llano	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
			Valle	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
FACTURACIÓN (€)			Punta	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333
			Llano	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
			Valle	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2
			TOTAL	586	586	586	586	586	586	586	586	586	586	586	586
												TOTAL		7.036,07 €	

Tabla 35. Desglose de facturación con contratación de potencia actual.

Es necesario explicar brevemente la distinción entre períodos de punta, llano y valle (discriminación horaria de tres períodos), así como la metodología a seguir para calcular la potencia facturada a partir de la potencia medida.

- Discriminación horaria:

Según establece el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en la Orden ITC/3801/2008, los períodos de punta (máximo coste), llano (coste medio) y valle (mínimo coste) corresponden a las siguientes franjas horarias:

Periodos de facturación eléctrica (3 períodos)			
ORDEN ITC/3801/2008			
	INVIERNO	VERANO	FIN DE SEMANA + FESTIVOS
0:00-1:00	VALLE	VALLE	
1:00-2:00			
2:00-3:00			
3:00-4:00			
4:00-5:00			
5:00-6:00			
6:00-7:00			
7:00-8:00			
8:00-9:00	LLANO	LLANO	VALLE
9:00-10:00		PUNTA	
10:00-11:00			
11:00-12:00			
12:00-13:00			
13:00-14:00			
14:00-15:00			
15:00-16:00			
16:00-17:00	PUNTA	LLANO	
17:00-18:00			
18:00-19:00			
19:00-20:00			
20:00-21:00			
21:00-22:00			
22:00-23:00			
23:00-24:00	LLANO		LLANO

Tabla 36. Discriminación horaria – tres períodos.

- Metodología de cálculo de la potencia facturada:

Para la determinación de potencia a facturar se parte de la medida de un maxímetro. Este dispositivo es un instrumento de medida eléctrica que indica la potencia media demandada cada cuarto de hora. A partir de esta medida, se calcula la potencia a facturar según las ecuaciones siguientes:

- Si la potencia máxima registrada por el maxímetro (PR) es inferior al 85% de la potencia contratada (PC):

$$PR < 0,85 PC$$

La potencia de facturación será: $PF = 0,85 PC$

Por este motivo, la potencia facturada actual en CIRCE es de 170 kW (85% de 200 kW).

- Si la potencia máxima registrada por el maxímetro es igual o superior al 85% de la potencia contratada, pero menor o igual al 105% de la potencia contratada:

$$0,85 PC \leq PR \leq 1,05 PC$$

La potencia de facturación será: $PF = PR$

- Si la potencia máxima registrada por el maxímetro es superior al 105% de la potencia contratada:

$$PR > 1,05 PC$$

La potencia de facturación será: $PF = PR + 2 (PR - 1,05 PC)$

Características de las medidas propuestas

Con el fin de reducir este coste se ha realizado un proceso iterativo, con distintas potencias, con el fin de observar cuál de ellas produce una menor facturación, y el resultado obtenido es el siguiente:

TARIFACIÓN EN 3 PERIODOS PARA LAS POTENCIAS ACTUALES (OPTIMIZADAS)															
	P. contratada (kW)	(€/kW año)	Maxima potencia demandada (kW)	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Punta	60,97638893	23,541922		48	64	40	76	52	56	56	48	44	64	52	52
Llano	65,88256867	14,517671		56	76	92	36	52	48	48	40	48	76	60	56
Valle	51,38390035	3,329068		24	24	52	40	44	60	48	44	44	48	52	52
POTENCIA FACTURADA (kW)			Punta	52	64	52	100	52	56	56	52	52	64	52	52
			Llano	56	90	138	56	56	56	56	56	56	90	60	56
			Valle	44	44	52	44	44	72	48	44	44	48	52	52
FACTURACIÓN (€)			Punta	102	126	102	196	102	110	110	102	102	126	102	102
			Llano	68	108	167	68	68	68	68	68	68	108	73	68
			Valle	12	12	14	12	12	20	13	12	12	13	14	14
			TOTAL	182	246	283	276	182	198	191	182	182	247	189	184
												TOTAL	2.540,59 €		

Tabla 37. Desglose de facturación con contratación de potencia óptima.

Es importante destacar, que aunque los valores anteriormente mostrados son los óptimos para al cálculo desde el punto de vista de las restricciones contractuales, la potencia a contratar deberá ser de:

POTENCIA A CONTRATAR PROPUESTA	
Punta	61
Llano	66
Valle	66

Tabla 38. Valores de potencia a contratar propuestos.

Esto es debido a que la potencia contratada deber ser $PUNTA \leq LLANO \leq VALLE$, y tratarse de un número entero. Por lo tanto, el ahorro conseguido es el siguiente:

TARIFACIÓN EN 3 PERIODOS PARA LAS POTENCIAS ACTUALES (OPTIMIZADAS)															
	P. contratada (kW)	(€/kW año)	Maxima potencia demandada (kW)	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Punta	61	23,541922		48	64	40	76	52	56	56	48	44	64	52	52
Llano	66	14,517671		56	76	92	36	52	48	48	40	48	76	60	56
Valle	66	3,329068		24	24	52	40	44	60	48	44	44	48	52	52
POTENCIA FACTURADA (kW)			Punta	52	64	52	100	52	56	56	52	52	64	52	52
			Llano	56	90	138	56	56	56	56	56	56	90	60	56
			Valle	44	44	52	44	44	72	48	44	44	48	52	52
FACTURACIÓN (€)			Punta	102	126	102	196	102	110	110	102	102	126	102	102
			Llano	68	108	167	68	68	68	68	68	68	108	73	68
			Valle	16	16	16	16	16	17	16	16	16	16	16	16
			TOTAL	185	249	284	279	185	194	193	185	185	249	190	185
												TOTAL		2.565,69 €	

Tabla 39. Facturación en término de potencia con valores de potencia propuestos.

Finalmente, los ahorros son de **4.470 €/año**, debiendo tener presente que la compañía puede realizar un cargo debido a la variación de la potencia según condiciones acordadas en el contrato de suministro.

Antes de llevar a cabo la medida propuesta, se debe comprobar posibles ampliaciones que se tengan pensadas realizar en el edificio que modifiquen el nivel de potencia demandada.

3.7 Medidas de ahorro energético singulares.

A continuación se propone una medida denominada “singular” ya que debido a sus características, volumen de inversión o al depender de la aparición de nuevas normativas en un primer momento no se considere, pero en un futuro sea posible su realización.

1. MAE-MS Autoconsumo de energía a través de la generación de pequeña potencia.

Como medida singular se propone la colocación de una instalación de energía solar fotovoltaica con el fin de auto-consumir la energía generada evitando por tanto la compra de una parte del total de energía consumida por el edificio.

Actualmente, esta opción viable desde el punto de vista normativo, de acuerdo con el Real Decreto 1699/2011, por el que se regula la conexión a red de instalaciones eléctricas de pequeña potencia. Es legal el autoconsumo de la energía generada, no siendo posible todavía su gestión de venta de excedentes en el modelo de Balance Neto, que se espera sea aprobado en la próxima reforma energética.

Por tanto, se trata de generar la máxima energía posible y consumirla en el propio edificio al 100 % sin generar excedentes, permitiendo cubrir un porcentaje de la demanda del edificio y no siendo necesaria la compra de esa electricidad, lo que repercute en un menor coste en la facturación eléctrica.

Debido a que no se plantea ningún tipo de almacenamiento de energía, el edificio permanecerá con el actual sistema de conexión y la energía restante demandada provendrá del actual contrato eléctrico.

Las condiciones de radiación existentes en el emplazamiento del edificio, según el atlas climático de Aragón son las siguientes:

	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	RAD. G. DIARIA
Enero	0,0	0,0	0,0	12,3	103,2	197,9	275,9	319,8	319,8	275,9	197,9	103,2	12,3	0,0	0,0	0,0	1.818
Febrero	0,0	0,0	0,0	78,4	204,8	330,3	431,2	487,4	487,4	431,2	330,3	204,8	78,4	0,0	0,0	0,0	3.064
Marzo	0,0	0,0	38,5	166,0	308,3	444,2	551,1	609,8	609,8	551,1	444,2	308,3	166,0	38,5	0,0	0,0	4.236
Abril	0,0	6,7	119,7	255,1	398,5	531,0	633,1	688,6	688,6	633,1	531,0	398,5	255,1	119,7	6,7	0,0	5.265
Mayo	0,0	67,6	190,4	330,6	474,5	604,6	703,5	756,9	756,9	703,5	604,6	474,5	330,6	190,4	67,6	0,0	6.256
Junio	0,0	109,6	244,7	395,9	548,8	685,7	789,2	844,9	844,9	789,2	685,7	548,8	395,9	244,7	109,6	0,0	7.237
Julio	0,0	99,9	239,1	396,0	555,4	698,6	807,0	865,5	865,5	807,0	698,6	555,4	396,0	239,1	99,9	0,0	7.323
Agosto	0,0	41,0	171,8	324,3	483,0	628,0	738,8	798,9	798,9	738,8	628,0	483,0	324,3	171,8	41,0	0,0	6.371
Septiembre	0,0	0,0	80,7	218,8	368,7	509,5	619,0	678,9	678,9	619,0	509,5	368,7	218,8	80,7	0,0	0,0	4.951
Octubre	0,0	0,0	0,9	113,1	242,9	369,3	469,9	525,6	525,6	469,9	369,3	242,9	113,1	0,9	0,0	0,0	3.443
Noviembre	0,0	0,0	0,0	34,3	142,1	252,1	341,9	392,3	392,3	341,9	252,1	142,1	34,3	0,0	0,0	0,0	2.326
Diciembre	0,0	0,0	0,0	0,6	88,8	181,8	259,0	302,7	302,7	259,0	181,8	88,8	0,6	0,0	0,0	0,0	1.666
Valor anual (kWh/m ² año)																	1.644

Tabla 40. Radiación solar global media sobre la horizontal. kWh/m² día.

A partir de los estudios realizados por el Área de Recursos Naturales de CIRCE, se va a dimensionar el sistema de anclaje y estructura, así como la configuración eléctrica de un generador fotovoltaico ubicado en las inmediaciones del edificio Circe. Este generador fotovoltaico estará compuesto por paneles de seis tecnologías diferentes: Monocristalino, Policristalino, CIS, silicio amorfo, bifacial y silicio amorfo de triple unión.

El primer punto a tener en cuenta será contabilizar el número de paneles que están disponibles (ya se han adquirido pero no se han instalado) por tecnología, así como las características técnicas de los mismos.

En la tabla 41 se encuentra la información disponible sobre estos paneles fotovoltaicos:

Fabricante	Modelo	Tecnología	Pot. pico (W)	Unidades	Medidas (m)	Eficiencia (%)	Icc (A)	Vca (V)
Solarfun	SF080-18	m-Si	80	8	1.21x0.55	11.97	5	21.8
Solarfun	SF120-18	p-Si	120	8	1.49x0.68	11.87	7.37	22.3
Würth	WS11007	CIS	75	10	1.20x0.60	10.56	2.4	44.5
Kaneka	GEA 60	a-Si	60	12	0.99x0.96	6.35	1.19	91.8
Unisolar	ES-124	a-Si triple	124	6	2.46x0.79	6.25	5.1	42
Solarwind	MSW 100/40	bifacial	100/40	10	1.18x0.65	-	7	21.6

Tabla 41. Características técnicas de los paneles fotovoltaicos disponibles.

El segundo punto a tener en cuenta será la ubicación del generador fotovoltaico. Se ha analizado la superficie disponible en la explanada de tierra ubicada en las proximidades del edificio Circe, de manera que el cableado esté cercano al laboratorio de integración de EERR.

La anchura disponible es de 18 metros. La longitud desde la elevación de tierra en dirección sur, hasta la puerta del laboratorio de integración de EERR es de 35 metros, por lo que se dispone de una parcela de 630 m² con orientación sur, donde ubicar el generador fotovoltaico.

Para minimizar costes de estructuras y puesto que se dispone de profundidad disponible, se ha decidido ubicar los paneles en dos estructuras orientadas al sur, con una inclinación de 30 grados (óptima para producción anual).

Puesto que cada una de las tecnologías de los paneles posee unas características técnicas en cuestión de tensión y corriente muy diferentes, se ha optado por conectar cada una de las tecnologías a un inversor independiente.

La potencia total fotovoltaica contabilizando los 54 paneles mostrados en la tabla 41 es de 5214 W pico. Puesto que hay seis tecnologías diferentes, se requerirán seis inversores fotovoltaicos de baja potencia.

Estructuras de anclaje:

Una vez mostrada la tipología y número de paneles que compondrán el generador fotovoltaico del edificio Circe, así como la posible ubicación del mismo, a continuación se detallará el pre- diseño de las estructuras de anclaje para soportar al generador.

Tras analizar las dimensiones y número de paneles fotovoltaicos disponibles, se ha considerado como una opción interesante la instalación de dos estructuras fijas de idénticas dimensiones. Este sistema proporciona la ventaja de ocupar poca superficie de terreno, dimensiones adecuadas para poder realizar con facilidad operaciones de mantenimiento o medición y robustez suficiente como para soportar las cargas de viento a las que el generador se verá expuesto.

La estructura de anclaje diseñada estará compuesta por:

- Perfiles de acero tipo IPE definidos mediante las normas: UNE 36526:1994 - Productos de Acero Laminados en Caliente. Perfiles IPE. Medidas y UNE-EN 10034:1994 - Perfiles I y H de Acero Estructural. Tolerancias dimensionales y de forma.
Se recomienda utilizar un perfil IPE 120 cuyas dimensiones características se muestran resumidas en la figura siguiente. Este perfil posee un peso de 10,4 kg/m.

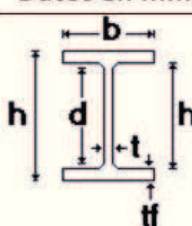
Datos en mm		b	h	d	t	tf	hi
		64	120	93,4	4,4	6,3	107,4

Figura 16. Dimensiones características del perfil IPE 120.

- Pletina de anclaje de acero para fijación a cimentación.
- Tirantes de acero para la estructura para soportar cargas de viento.
- Raíles de sujeción de acero galvanizado tipo MQ-41 de la empresa Hilti.

A partir de la información anterior, se han diseñado dos estructuras gemelas donde se instalarán los paneles fotovoltaicos. La primera estructura se ha dimensionado para soportar la totalidad de los paneles SF080-18, SF 120-18, WS 11007/75 y MSW 100/40.

La segunda estructura ha sido dimensionada para ubicar la totalidad de los paneles GEA 60 y seis de los siete paneles ES-124.

Ambas estructuras estarán compuestas por tres pórticos triangulares compuestos a su vez por tres perfiles IPE 120 (nueve perfiles), seis pletinas de anclaje y cuatro tirantes. El número de raíles de sujeción variará dependiendo del número y tipología de paneles fotovoltaicos a soportar. En la primera estructura se recomiendan un total de doce raíles y en la segunda estructura un total de ocho raíles.

A continuación, se muestra una vista 3D de ambas estructuras.

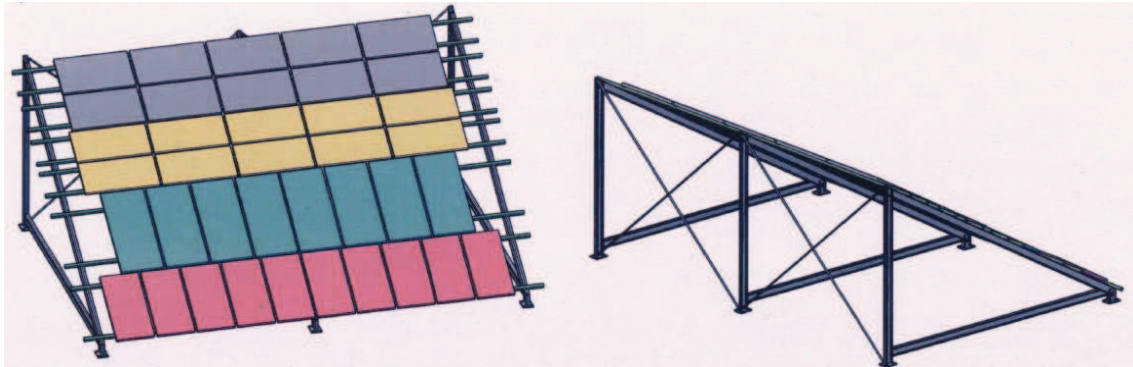


Figura 17. Estructura 1 para soporte de módulos fotovoltaicos.

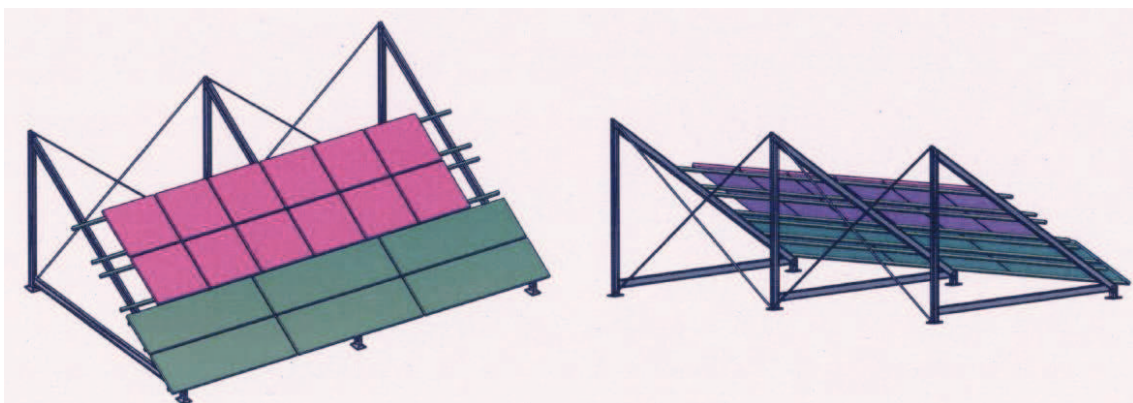


Figura 18. Estructura 2 para soporte de módulos fotovoltaicos.

En dichas figuras se muestran las estructuras y los diferentes paneles fotovoltaicos donde la leyenda por colores es la siguiente:

Figura 17:

- Gris: diez paneles WS11007/75
- Amarillo: ocho paneles SF080-18
- Cian: ocho paneles SF120-18
- Rojo: diez paneles MSW100/40

Figura 18:

- Rosa: doce paneles GEA 60
- Verde: seis paneles ES-124.

Para la ubicación final de ambas estructuras, se ha elegido disponer la estructura 1 con orientación sur. La separación con la elevación en dirección sur deberá ser de al menos 8 metros para evitar sombreadamientos.

La estructura 2 se dispondrá alineada con la estructura 1 con una distancia de separación entre ambas estructuras que asegure, según recomendaciones del IDAE, cuatro horas de sol al mediodía el día 21 de Diciembre. Esta separación ha sido calculada y ha resultado ser de 11,37

metros. Puesto que se dispone de espacio suficiente, se recomienda dejar una distancia de separación de 12 metros.

Cimentación:

Para plantear la cimentación de soporte se plantean dos posibilidades diferentes:

- La primera de ellas, se basa en realizar cimentación mediante hormigón únicamente en los sistemas de anclaje con el suelo. Se propone un cubo de un metro de lado (1 m^3) para cada una de las seis fijaciones al suelo por cada estructura, siendo un total de doce. Esta cimentación permitiría una protección suficiente contra las cargas propias y ambientales con un consumo mínimo de hormigón. Esto haría un total de 12 m^3 de hormigón.
- El segundo de los sistemas que se propone es una solera en lámina para toda la estructura. La superficie de esta lámina será de 5,5 metros en dirección Sur y 8 metros en dirección Este-Oeste por cada una de las estructuras (44 m^2). La profundidad recomendada para esta solera será similar a la del caso anterior (zapata de 1 m de profundidad y 0.5 m de ancho) en las zonas donde se vaya a perforar para hacer los amarres y podrá tener una profundidad de unos 10 cm para el resto de la zona inferior de la estructura.

En la figura siguiente, se muestra la posible ubicación de las estructuras.

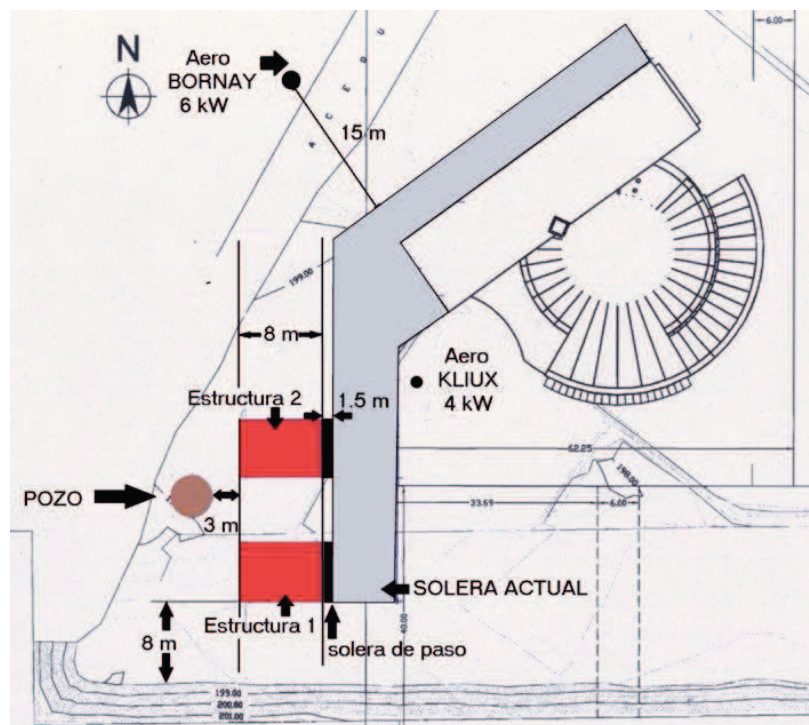


Figura 19. Esquema de ubicación de la cimentación para las estructuras.

Valoración económica y energética:

A continuación se detalla la inversión necesaria aproximada para la instalación de los paneles fotovoltaicos, que ya se encuentran en propiedad de Circe:

- Solera: 600€
- Estructuras: 1500€
- Mano de obra de conexión: 700€
- Inversores + conexión: 3000€

La inversión ha sido estimada a partir de la base de datos de precios de *CYPE Ingenieros S.A.* Finalmente, el total asciende a unos 5.800€.

Por su parte, la producción eléctrica por tecnologías calculada a partir del programa de simulación energética de instalaciones fotovoltaicas *PVSYST* es la siguiente:

- Policristalino (módulos SF 120 P6-18): 1475 kWh/año
- Monocristalino (módulos SF080 M5-18): 985 kWh/año
- Amorfo (módulos Kaneka GEA060): 1058 kWh/año
- CIS (módulos WS11007/75): 1228 kWh/año
- Amorfo unisolar (módulos ES124): 1154 kWh/año
- Bifaciales : 1680 kWh/año

Producción anual total: 7580 kWh/año.

Por lo tanto, las capacidades de ahorro energético del edificio son las siguientes:

SISTEMA PROPUESTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS						
Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kgCO ₂ /año)	COSTE (€)	PAY BACK (AÑOS)	Porcentaje de ahorro sobre sistema actual (%)	Comentarios
7.580	1.137	2.274	5.800	5,1	5%	Ahorro estimado en la simulación

Tabla 42. Ahorro obtenido con el sistema fotovoltaico.